

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-282324

(43)Date of publication of application : 03.10.2003

(51)Int.Cl.

H01F 17/00  
G11B 5/31

(21)Application number : 2002-080608 (71)Applicant : TDK CORP

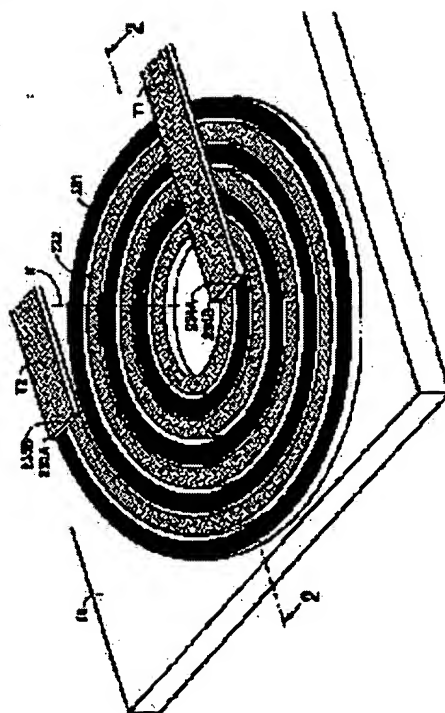
(22)Date of filing : 22.03.2002 (72)Inventor : UEJIMA SATOSHI

## (54) MICRODEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a microdevice that can be reduced in heat generation amount by lowering the resistance of a coil, while the number of turns of the coil is maintained, as it is, without making the length of a magnetic path larger.

**SOLUTION:** In this microdevice, a first thin film coil 231 is wound turning in a plane around an axis X. A second thin film coil 232 is disposed among the turns of the coil 231, except its outermost or innermost periphery, wound turning in a plane around the axis X, and electrically connected, in parallel with the coil 231 through first and second terminals T1 and T2. An inorganic insulating film 251 is provided in a gap to demarcate a width  $\alpha$  of the gap. The width  $\alpha$  is narrower than intervals  $\beta$  between the turns of the thin film coils 231 and 232, as viewed from a direction parallel to the wound plane of the coils 231 and 232.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is a micro device containing the 1st thin film coil, the 2nd thin film coil, an inorganic insulator layer, the 1st terminal, and the 2nd terminal. Said 1st thin film coil It goes around one shaft around to a plane. Said 2nd thin film coil Except for said the 2nd outermost periphery or most inner circumference of a thin film coil, it is arranged in spacing produced between two coil turns of said 1st thin film coil, and has a gap between said two coil turns. It goes around said shaft around to a plane. Said 1st thin film coil and the 2nd thin film coil Each end of a most-inner-circumference end winding is electrically connected to juxtaposition by said 1st terminal. Each end of an outermost periphery end winding is electrically connected to juxtaposition by said 2nd terminal. Said inorganic insulator layer It is a micro device smaller than the coil width of face beta of said coil turn which is in the interior of said gap, had demarcated the gap width of face alpha, and looked at said gap width of face alpha in the direction parallel to the circumference side of said 1st and 2nd thin film coils.

[Claim 2] It is a micro device with the number of turns are the micro device indicated by claim 1 and same [ said 1st thin film coil and said 2nd thin film coil ].

[Claim 3] It is the micro device which is a micro device indicated by claim 1 or 2, and said gap width of face alpha has in the range of 0.01-0.05 micrometers.

[Claim 4] It is the micro device indicated by any [ claim 1 thru/or ] of 3 they are, and is  $\leq (1/300)$   $\alpha/\beta \leq (1/5)$ .

\*\*\*\*\* micro device.

[Claim 5] It is the micro device indicated by any [ claim 1 thru/or ] of 4 they are, and the 1st magnetic layer and 2nd magnetic layer are included further. Said 1st magnetic layer It is arranged at said 1st and 2nd thin film coil bottom. Said 2nd magnetic layer It is the micro device with which it is arranged at said 1st and 2nd thin film coil bottom, and is magnetically combined with said 1st magnetic layer, and said thin film coil goes around the magnetic bond part of said 1st and 2nd magnetic layers around.

[Claim 6] It is the micro device with which it is the micro device indicated by claim 5, and said 1st and 2nd thin film coils adjoin said 1st magnetic layer and said 2nd magnetic layer through the 2nd inorganic insulator layer.

[Claim 7] It is the micro device which is a micro device indicated by claim 5 and said 2nd inorganic insulator layer has in the range whose thickness is 0.01-0.05 micrometers.

[Claim 8] The micro device which is a micro device indicated by any [ claim 1 thru/or ] of 7 they are, and is a thin film inductor.

[Claim 9] The micro device which is a micro device indicated by any [ claim 1 thru/or ] of 7 they are, and is the thin film magnetic head.

[Claim 10] It is the micro device with which it is the micro device indicated by claim 9, and the reading component is further included and said reading component contains a giant magneto-resistance component.

[Claim 11] It is the micro device with which it is the micro device indicated by claim 10, and said giant magneto-resistance component contains any of the spin bulb film or a ferromagnetic tunnel junction they

are.

[Claim 12] It is magnetic-head equipment with which are magnetic-head equipment containing the thin film magnetic head and head means for supporting, and said thin film magnetic head was indicated by any [ claim 9 thru/or ] of 11 they are, and said head means for supporting come to support said thin film magnetic head.

[Claim 13] It is the magnetic recorder and reproducing device which is a magnetic recorder and reproducing device containing magnetic-head equipment and a magnetic-recording medium, and said magnetic-head equipment was indicated by claim 12, and said magnetic-recording medium comes to collaborate with said thin film magnetic head, and performs magnetic-recording playback.

[Claim 14] It is the manufacture approach of the 1st thin film coil, the 2nd thin film coil, and the micro device containing an inorganic insulator layer. On the surface of a base material, the 1st coil turn spacing is separated for the 1st thin film coil. the shape of a spiral -- forming -- next, the front face of said 1st thin film coil -- and The inorganic insulator layer of a wrap 1st is formed for the front face of said base material which appears in said 1st coil turn spacing by almost uniform thickness. Next, the 2nd outermost periphery or most inner circumference of a thin film coil is removed in said 1st coil turn spacing. The 2nd thin film coil is formed in the state of insertion. To next, the 1st thin film coil both ends and the 2nd thin film coil both ends The manufacture approach of a micro device including the process which forms the terminal for taking about to an ejection electrode at the same time it connects so that the 1st thin film coil and the 2nd thin film coil may become a parallel circuit electrically.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a micro device and its manufacture approach. In this invention, a micro device is equipment incorporating the thin film magnetic head, a thin film inductor, a semiconductor device, a thin film sensor, a thin film actuator, or these, and what has a thin film coil is said.

[0002]

[Description of the Prior Art] As this kind of a micro device, if the thin film magnetic head is taken for an example, the write-in component with which that interior is equipped In an air bearing side (ABS side is called below) side (the front section is called) The pole tip of the 1st magnetic layer and the pole tip of the 2nd magnetic layer are made to counter through a gap layer, magnetic coupling of the 1st magnetic layer and 2nd magnetic layer is carried out to an ABS side in the back section of the opposite side, and a back gap is constituted. Around the back gap, to the film surface of the 1st magnetic layer and the 2nd magnetic layer, it is parallel and the plane thin film coil which goes a back gap around at the flat surface which intersects perpendicularly mostly to an ABS side is arranged.

[0003] Generally a thin film coil is formed by the frame galvanizing method. By the conventional frame galvanizing method represented by JP,56-36706,B, the resist frame was removed after frame plating processing, and it had left the pars-basilaris-ossis-occipitalis width of face of the removed resist frame as it was as spacing during a contiguity coil turn. for this reason, coil length -- long -- not becoming -- it did not obtain but the limitation was produced in reduction of an impedance value, and an improvement of a RF property.

[0004] JP,2001-93113,A considers as the perpendicular circumference structure which changed the coil circumference shaft 90 degrees from plane coil structure, enables contraction of magnetic-path length, and reduction of eddy current loss, and is indicating the thin film magnetic head which raised the RF property.

[0005] However, since the pars-basilaris-ossis-occipitalis width of face of the resist frame from which it is removed after plating processing also in the technique indicated by this well-known reference was used as it was as spacing during a contiguity coil turn, the conventional trouble was still left behind.

[0006] furthermore -- if the number of coil turns is increased with the conventional thin film coil structure for the improvement in an output, maintaining magnetic-path length uniformly -- a coil conductor width -- narrow -- not becoming -- it did not obtain, but coil resistance became high, and there was a trouble that calorific value increased.

[0007] the part to which the width of face of a coil thin film coil became narrow -- a coil -- although it is possible to compensate by increasing the thickness of a conductor and to press down increase of coil resistance, thickness of the resist frame when forming a thin film coil by the frame galvanizing method must not be thickened with detailed-ization of a resist frame pattern in this case, formation of a resist frame pattern becomes difficult, and formation of a thin film coil becomes difficult.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The technical problems of this invention are the micro device which lowers coil resistance and can reduce calorific value, maintaining the number of coil turns without lengthening magnetic-path length, and offering the thin film magnetic head and a thin film inductor especially.

[0009] Another technical problem of this invention is the micro device which the noise's was decreased and was suitable for easy-izing the design of a digital disposal circuit further, and offering the thin film magnetic head and a thin film inductor especially.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the technical problem mentioned above, the micro device concerning this invention contains the 1st thin film coil, the 2nd thin film coil, an inorganic insulator layer, the 1st terminal, and the 2nd terminal.

[0011] Said 1st thin film coil goes around one shaft around to a plane. Said 2nd thin film coil is arranged except for said the 2nd outermost periphery or most inner circumference of a thin film coil in spacing produced between two coil turns of said 1st thin film coil, has a gap between said two coil turns, and goes around said shaft around to a plane.

[0012] Each end of a most-inner-circumference end winding is electrically connected to juxtaposition by said 1st terminal, and, as for said 1st thin film coil and the 2nd thin film coil, each end of an outermost periphery end winding is electrically connected to juxtaposition by said 2nd terminal.

[0013] Said inorganic insulator layer is in the interior of said gap, the gap width of face alpha is demarcated, and said gap width of face alpha is smaller than the coil width of face beta of said coil turn seen in the direction parallel to the circumference side of said 1st and 2nd thin film coils.

[0014] As mentioned above, in the micro device concerning this invention The 1st thin film coil is going around one shaft around to the plane. The 2nd thin film coil Since it is arranged between the coil turns of the 1st thin film coil and is going around a shaft around to the plane except for the outermost periphery or most inner circumference, the insertion coil structure which has arranged the 2nd thin film coil in spacing during the contiguity coil turn of the 1st thin film coil is realizable. For this reason, the number of coil turns can be maintained, without lengthening magnetic-path length.

[0015] And since each end of a most-inner-circumference end winding is electrically connected to juxtaposition by the 1st terminal and each end of an outermost periphery end winding is electrically connected to juxtaposition by the 2nd terminal, the 1st thin film coil and the 2nd thin film coil lower coil resistance, and can reduce calorific value.

[0016] Moreover, since coil resistance is lowered and calorific value can be reduced, a noise can be decreased and the design of a digital disposal circuit can be easy-ized further.

[0017] Said inorganic insulator layer is in the interior of said gap, and has demarcated the gap width of face alpha. Said gap width of face alpha is smaller than the coil width of face beta of said coil turn seen in the direction parallel to the circumference side of said 1st and 2nd thin film coils. The inorganic insulator layer which demarcates the gap width of face alpha is constituted by aluminum 2O3, SiO2, AlN or DLC (diamond-like carbon), etc. Such an inorganic insulator layer can be formed by the spatter or CVD. Therefore, to the limitation of such thin film coating technology, gap width of face alpha can be made detailed, and a coil circumference consistency can be raised.

[0018] In principle, said 1st thin film coil and said 2nd thin film coil have the same number of turns. According to this configuration, it can \*\* to equalization of a current assignment of the 1st thin film coil and the 2nd thin film coil, and equalization of magnetomotive force.

[0019] Preferably, the gap width of face alpha is set as the range of 0.01-0.05 micrometers. The inorganic insulator layer with such gap width of face alpha is a spatter or CVD, and can be formed certainly. Moreover, if it is this range, required electric insulation can be secured in application to a thin film inductor or the thin film magnetic head.

[0020] Preferably, the gap width of face alpha during a contiguity coil turn and the coil width of face beta of each coil turn are  $\leq (1/300) \alpha / \beta \leq (1/5)$ .

\*\*\*\*\*.

[0021] In the above-mentioned conditional expression, when the gap width of face alpha is set as the

range of 0.01-0.05 micrometers, the coil width of face beta of each coil turn becomes the range of 0.25-3 micrometers. If the coil width of face beta of each coil turn is in such range, as the thin film inductor which are the main examples of application of this invention, or the thin film magnetic head, it is enough.

[0022] In this invention, the equipment incorporating the thin film magnetic head, a thin film inductor, a semiconductor device, a thin film sensor, a thin film actuator, or these is included with a micro device. Especially the desirable examples of application are the thin film magnetic head and a thin film inductor.

[0023] In application to the thin film magnetic head, this invention is applied to the thin film coil of a write-in component. The thin film magnetic head may contain the reading component. Said reading component can contain a giant magneto-resistance component. Said giant magneto-resistance component can contain any of the spin bulb film or a ferromagnetic tunnel junction component they are.

[0024] Of course, the thin film magnetic head concerning this invention can be used for realizing magnetic-head equipment and a magnetic recorder and reproducing device.

[0025] In the case of a thin film inductor, it is used as a track where a thin film coil produces an inductance as it is. The thin film inductor may have the thin film core with the thin film coil.

[0026] This invention indicates further the manufacture approach of the micro device mentioned above. By the manufacture approach concerning this invention, on the surface of a base material, the 1st coil turn spacing is separated and the 1st thin film coil is formed in the shape of a spiral.

[0027] Next, the inorganic insulator layer of a wrap 1st is formed for the front face of said 1st thin film coil, and the front face of said base material which appears in said 1st coil turn spacing by almost uniform thickness.

[0028] Next, except for the 2nd outermost periphery or most inner circumference of a thin film coil, the 2nd thin film coil is formed in the state of insertion in said 1st coil turn spacing.

[0029] And the terminal for taking out at the same time it connects so that the 1st thin film coil and the 2nd thin film coil may serve as a parallel circuit electrically, and taking about to an electrode is formed in the 1st thin film coil both ends and the 2nd thin film coil both ends.

[0030] By including the above process, insertion coil structure which inserted the 2nd thin film coil used as it and another coil turn which makes a parallel circuit electrically to spacing during the contiguity coil turn of the 1st thin film coil is realized.

[0031] Other purposes, configurations, and advantages of this invention are explained in more detail with reference to an accompanying drawing. A drawing shows a mere example.

[0032]

[Embodiment of the Invention] 1. The top view of the micro device which micro device drawing 1 as a thin film inductor requires for this invention, and drawing 2 are the sectional views which met two to 2 line of drawing 1. An illustration example shows the micro device materialized as a thin film inductor, and contains the 1st thin film coil 231, the 2nd thin film coil 232, the insulating layer 16 used as a base material, the 1st terminal T1, and the 2nd terminal T2.

[0033] The 1st thin film coil 231 goes around one shaft X which becomes perpendicular to the field of an insulating layer 16 around to a plane. That is, it is a spiral-like. The 1st thin film coil 231 is arranged on the field of an insulating layer 16. The 1st thin film coil 231 is constituted by electric conduction metallic materials, such as Cu (copper).

[0034] Except for the outermost periphery or most inner circumference, the 2nd thin film coil 232 is arranged between the coil turns of the 1st thin film coil 231, and goes around Shaft X around to a plane. That is, the 2nd thin film coil 232 is also a spiral-like. The 2nd thin film coil 232 is connected to juxtaposition as electrically as the 1st thin film coil 231. The 2nd thin film coil 232 is also constituted by electric conduction metallic materials, such as Cu (copper).

[0035] In the electric parallel connection of the 1st thin film coil 231 and the 2nd thin film coil 232, the 1st terminal T1 is connected to 234A and 234B in the most-inner-circumference end-winding end of the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232, and the 2nd terminal T2 is connected to 235A and 235B in the end of an outermost periphery end winding.



[0036] The number of turns of the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 is arbitrary. However, in principle, the number of turns of the 1st thin film coil 231 and the number of turns of the 2nd thin film coil 232 are made the same. In this specification, a coil turn is used as terminology of the coil film and homonymy.

[0037] As mentioned above, in the micro device concerning this invention The 1st thin film coil 231 is going around Shaft X around to the plane. The 2nd thin film coil 232 Except for the outermost periphery or most inner circumference, it is arranged between the coil turns of the 1st thin film coil 231. Since it is going around Shaft X around to the plane, the insertion coil structure which has arranged the 2nd thin film coil 232 in spacing during the contiguity coil turn of the 1st thin film coil 231 is realizable. The part located in the 2nd outermost periphery or most inner circumference of a coil 232 is a part in which the resist frame when forming the 1st coil 231 by the frame galvanizing method exists. For this reason, the number of coil turns can be maintained, without lengthening magnetic-path length.

[0038] And since it connects with juxtaposition as electrically as the 1st thin film coil 231, the 2nd thin film coil 232 lowers coil resistance, and can reduce calorific value.

[0039] Therefore, according to this invention, maintaining the number of coil turns without lengthening magnetic-path length, coil resistance is lowered and calorific value can be reduced.

[0040] Moreover, since coil resistance is lowered and calorific value can be reduced, a noise can be decreased and the design of a digital disposal circuit can be easy-ized further.

[0041] The gap width of face alpha seen in the direction parallel to the flat surface which the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 go around is smaller than the coil width of face beta of each coil turn seen in this direction, and the dimension is demarcated by the thickness of the inorganic insulator layer 251 in a gap. The inorganic insulator layer 251 is constituted by aluminum 2O3, SiO2, AlN or DLC, etc. Such an inorganic insulator layer 251 can be formed by the spatter or CVD. Therefore, to the limitation of such thin film coating technology, gap width of face alpha can be made detailed, and a coil circumference consistency can be raised.

[0042] Moreover, when the number of turns of the 1st thin film coil 231 and the number of turns of the 2nd thin film coil 232 are made the same, it can \*\* to equalization of a current assignment of the 1st thin film coil 231 and the 2nd thin film coil 232, magnetomotive force, and generation of heat.

[0043] Preferably, the gap width of face alpha is set as the range of 0.01-0.05 micrometers. The inorganic insulator layer 251 with such gap width of face alpha can secure required electric insulation in application to a thin film inductor.

[0044] Preferably, the gap width of face alpha during a contiguity coil turn and the coil width of face beta of each coil turn are  $\leq (1/300) \alpha/\beta \leq (1/5)$ .

\*\*\*\*\*.

[0045] In the above-mentioned conditional expression, when the gap width of face alpha is set as the range of 0.01-0.05 micrometers, the coil width of face beta of each coil turn becomes the range of 0.25-3 micrometers. If the coil width of face beta of each coil turn is in such range, as a thin film inductor which is the example of application of this invention, it is enough.

[0046] The perspective view showing still more nearly another example of the micro device which drawing 3 requires for this invention, and drawing 4 are the sectional views which met four to 4 line of drawing 3. In drawing, about the same component as the component which appeared in drawing 1 and drawing 2, the same reference mark is attached and duplication explanation is omitted.

[0047] The description of an illustration example is that the 1st magnetic layer 21 and 2nd magnetic layer 22 are included. The 1st magnetic layer 21 is supported by the insulating layer 16 in the 1st thin film coil 231 bottom. The insulating layer 16 which turns into supporters is constituted by inorganic insulating materials, such as aluminum 2O3, and SiO2, AlN or DLC.

[0048] The 2nd magnetic layer 22 is arranged at the 1st and 2nd thin film coil 231 and 232 bottom, and both ends are magnetically combined with the 1st magnetic layer 231, and it constitutes the magnetic bond parts 212 and 211, respectively. Thereby, the closed magnetic circuit by the 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 is formed. That is, the 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 constitute the thin film core of a closed magnetic circuit.

[0049] The 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 can be constituted using magnetic materials, such as NiFe, CoFe, FeN, or FeZrN. Each of the 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 may be monolayer structure, and may be multilayer structure. Each thickness of the 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 is set as the range of 0.25-3 micrometers. Such 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 can be formed by the frame galvanizing method.

[0050] The 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 are going around the magnetic bond part 212 of the 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 around.

[0051] Furthermore, in the illustration example, the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 adjoin the 1st magnetic layer 21 and the 2nd magnetic layer 22 through the inorganic insulator layer 252. Since an ingredient presentation, the formation approach, thickness, etc. of the inorganic insulator layer 252 are the same as the inorganic insulator layer 251 which buries the gap width of face alpha during a contiguity coil turn, explanation is omitted.

[0052] Furthermore, in drawing 1 - drawing 4 , although the combination of the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 is only one, as shown in drawing 5 , two or more sets of combination of the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 may be 23A and 23B. When it has two or more 1st [ the ] and the 2nd thin film coil 231 and 232, each class 23A and 23B may be made to be able to become independent separately, and a serial (illustration example), juxtaposition, or a serial parallel can adopt the connection structure of arbitration. Furthermore, a thin film inductor may be the gestalt of the completed electronic parts as itself, and may be an element which constitutes the part in an integrated circuit etc.

[0053] 2. The sectional view of the thin film magnetic head which showed micro device drawing 6 as the thin film magnetic head in the perspective view of the thin film magnetic head, and showed drawing 7 to drawing 6 , and drawing 8 are the perspective views showing the coil structure of the thin film magnetic head shown in drawing 6 and drawing 7 . The illustrated thin film magnetic head contains a slider 1, the write-in component 2, and the reading component 3.

[0054] A slider 1 has rails 11 and 12 in a medium opposed face side, and the front face of rails 11 and 12 is used as ABS sides 13 and 14. Rails 11 and 12 are not restricted to two. It may become the flat surface which may have 1-3 rails and does not have a rail. Moreover, various geometry may be given to a medium opposed face for a surfacing property improvement etc. Even if it is the slider 1 of which type, application of this invention is possible. Moreover, since a slider 1 is equipped with protective layers, such as DLC which has about 3-8nm thickness, on the surface of a rail, in such a case, the front face of a protective layer serves as ABS 13 and 14. A slider 1 is the ceramic structure which formed the insulating layer 16 of aluminum 2O3 and SiO2 grade in the front face of the base 15 which becomes by aluminum2O3-TiC etc.

[0055] The write-in component 2 is an induction type MAG sensing element, and the reading component 3 is a MR component. The write-in component 2 and the reading component 3 are seen in the flow direction F1 of air, and both one side [ of rails 11 and 12 ] or air outflow edge (trailing . edge) TR side is equipped with them. a slider 1 is equipped with the write-in component 2 and the reading component 3 -- having -- electromagnetism -- the edge for conversion is located in ABS 13 and 14 and the location which approached. The electrodes 27 and 28 and the ejection electrodes 29 and 30 connected to the reading component 3 connected to the write-in component 2 are prepared in the side face in the air outflow edge TR side by taking out, respectively.

[0056] The write-in component 2 has the 1st magnetic layer 21 which serves as the 2nd [ to the reading component 3 ] shielding layer, the 2nd magnetic layer 22, the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232, the gap layer 24 which becomes with an alumina etc. and the inorganic insulator layers 251 and 252, and a protective layer 26. Independently of the 1st magnetic layer 21, you may have the 2nd shielding layer.

[0057] The 1st magnetic layer 21 is supported by the insulating layer 16 in the 1st thin film coil 231 bottom. The insulating layer 16 which turns into supporters is constituted by inorganic insulating materials, such as aluminum 2O3, and SiO2, AlN or DLC.

[0058] The 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 can be constituted using magnetic materials, such as NiFe, CoFe, FeN, or FeZrN. Each of the 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 may be monolayer structure, and may be multilayer structure. Each thickness of the 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22

is set as the range of 0.25-3 micrometers. Such 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 can be formed by the frame galvanizing method.

[0059] The point of the 1st magnetic layer 21 and the 2nd magnetic layer 22 serves as the pole edge 211 which separates the gap layer 24 of minute thickness and counters, and writes in the pole edge 211. In this invention, any pole structure proposed until now is employable. The gap layer 24 is constituted by inorganic insulating layers, such as a non-magnetic metal layer or an alumina.

[0060] Further, the 2nd magnetic layer 22 maintains an inner gap between the 1st magnetic layer 21, is prolonged behind ABS 13 and 14, and is combined with the 2nd magnetic layer 22 in the back gap layer 212. Thereby, the thin film magnetic circuit involving the 1st magnetic layer 21, 2nd magnetic layer 22, and gap layer 24 is completed.

[0061] The 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 are going around the magnetic bond part 212 of the 1st and 2nd magnetic layers 21 and 22 around. The 1st thin film coil 231 is a spiral-like, is arranged on the field of an insulating layer 16, and goes around one shaft X which becomes perpendicular to the field of an insulating layer 16 around to a plane. The 1st thin film coil 231 is constituted by electric conduction metallic materials, such as Cu (copper).

[0062] It is a spiral-like, and the 2nd thin film coil 232 is also arranged between the coil turns of the 1st thin film coil 231, and goes around Shaft X around to a plane. The 2nd thin film coil 232 is connected to juxtaposition as electrically as the 1st thin film coil 231. The 2nd thin film coil 232 is also constituted by electric conduction metallic materials, such as Cu (copper).

[0063] In the electric parallel connection of the 1st thin film coil 231 and the 2nd thin film coil 232, the 1st terminal T1 is connected to 234A and 234B in the most-inner-circumference end-winding end of the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232, and the 2nd terminal T2 is connected to 235A and 235B in the end of an outermost periphery end winding (refer to drawing 8). The number of turns of the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 is arbitrary. However, in principle, the number of turns of the 1st thin film coil 231 and the number of turns of the 2nd thin film coil 232 are made the same.

[0064] As mentioned above, by the thin film magnetic head concerning this invention, the 1st thin film coil 231 goes around Shaft X around to a plane, and since the 2nd thin film coil 232 is arranged between the coil turns of the 1st thin film coil 231 and it goes around Shaft X around to a plane, the insertion coil structure which has arranged the 2nd thin film coil 232 in spacing between contiguity KOIRUTAN of the 1st thin film coil 231 is realizable. For this reason, the number of coil turns can be maintained, without lengthening magnetic-path length.

[0065] And since it connects with juxtaposition as electrically as the 1st thin film coil 231, the 2nd thin film coil 232 lowers coil resistance, and can reduce calorific value.

[0066] Moreover, since coil resistance is lowered and calorific value can be reduced, a noise can be decreased and the design of a digital disposal circuit can be easy-sized further.

[0067] The gap width of face alpha seen in the direction parallel to the flat surface which the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 go around is smaller than the coil width of face beta of each coil turn seen in this direction, and the dimension is demarcated by the thickness of the inorganic insulator layer 251 in a gap. The inorganic insulator layer 251 is constituted by aluminum 2O3, SiO2, AlN or DLC, etc. Such an inorganic insulator layer 251 can be formed by the spatter or CVD. Therefore, to the limitation of such thin film coating technology, gap width of face alpha can be made detailed, and a coil circumference consistency can be raised.

[0068] When the number of turns of the 1st thin film coil 231 and the number of turns of the 2nd thin film coil 232 are made the same, it can \*\* to equalization of a current assignment of the 1st thin film coil 231 and the 2nd thin film coil 232, magnetomotive force, and generation of heat.

[0069] Preferably, the gap width of face alpha is set as the range of 0.01-0.05 micrometers. The inorganic insulator layer 251 with such gap width of face alpha can secure required electric insulation in application to the thin film magnetic head.

[0070] Preferably, the gap width of face alpha during a contiguity coil turn and the coil width of face beta of each coil turn are  $\leq (1/300) \alpha / \beta \leq (1/5)$ .

\*\*\*\*\*

[0071] In the above-mentioned conditional expression, when the gap width of face alpha is set as the range of 0.01-0.05 micrometers, the coil width of face beta of each coil turn becomes the range of 0.25-3 micrometers. If the coil width of face beta of each coil turn is in such range, as the thin film magnetic head which is the example of application of this invention, it is enough.

[0072] Furthermore, in the illustration example, the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 adjoin the 1st magnetic layer 21 and the 2nd magnetic layer 22 through the inorganic insulator layer 252. Since an ingredient presentation, the formation approach, thickness, etc. of the inorganic insulator layer 252 are the same as the inorganic insulator layer 251 which demarcates the gap width of face alpha during a contiguity coil turn, explanation is omitted.

[0073] The protective layer 26 has covered the write-in whole component 2. The protective layer 26 consists of inorganic insulating materials of aluminum 2O3 or SiO2 grade.

[0074] It has the 1st shielding layer 31, an insulating layer 32, an insulating layer 33, and the 2nd shielding layer 21 made to serve a double purpose as the 1st magnetic layer 21 near the reading component 3. The 1st shielding layer 31 is constituted by the permalloy etc. The reading component 3 is arranged between the 1st shielding layer 31 and the 2nd shielding layer 21. The end face has faced the reading component 3 ABS 13 and 14.

[0075] The reading component 3 contains a giant magneto-resistance component (GMR component). A GMR component can be constituted depending on any of the spin bulb film or a ferromagnetic tunnel junction component they are.

[0076] 3. Manufacture approach drawing 9 of a micro device - drawing 21 are drawings explaining the manufacture approach of the micro device concerning this invention. Although an example explains that manufacture approach about the micro device as the thin film magnetic head shown in drawing 6 - drawing 8, the thin film inductor shown in drawing 1 - drawing 5 can also be manufactured according to this manufacture approach.

[0077] All the manufacture approaches of the micro device shown in drawing 9 - drawing 21 are performed on the wafer 100 shown in drawing 9. The manufacture approach is explained about one thin film magnetic-head element which the thin film magnetic-head elements Q11-Qnm which completed the reading component manufacture process shall have aligned on the whole surface of a wafer 100, and was extracted from the thin film magnetic-head elements Q11-Qnm.

[0078] First, as shown in drawing 10, the 1st magnetic layer 21 is formed in the front face of the insulating layers 32 and 33 which laid the reading component 3 underground. As for the 1st magnetic layer 21, it is desirable to form using magnetic materials, such as NiFe, CoFe, FeN, or FeZrN, so that it may become the range of 0.25-3 micrometers of thickness. Moreover, the 1st magnetic layer 21 can be formed by the frame galvanizing method etc.

[0079] Next, as shown in drawing 11, the pole tip member 211 and the back gap layer 212 are formed on the 1st magnetic layer 21. Using magnetic materials, such as NiFe, CoFe, FeN, or FeZrN, the pole tip member 211 and the back gap layer 212 can be formed by the frame galvanizing method etc. so that it may become the range of 0.25-3 micrometers of thickness.

[0080] Next, as shown in drawing 12, the inorganic insulator layer 252 is formed. The inorganic insulator layer 252 is a wrap about the 1st magnetic layer 21, pole tip member 211, and back gap layer 212. The inorganic insulator layer 252 is constituted by aluminum 2O3, SiO2, AlN or DLC, etc. The inorganic insulator layer 252 can be formed by the dry thin film forming methods, such as a spatter or CVD. As for the thickness of the inorganic insulator layer 252, it is desirable to consider as the range of 0.01-0.05 micrometers.

[0081] Next, as shown in drawing 13, the 1st thin film coil 231 is formed in the front face of the inorganic insulator layer 252. The 1st thin film coil 231 is constituted by electric conduction metallic materials, such as Cu (copper), and is formed of application of the frame galvanizing method. Therefore, the spacing A produced between the coil turns of the 1st thin film coil 231 is equivalent to the pars-basilaris-ossis-occipitalis width of face of a resist frame mostly. When applying the frame galvanizing method, the seed layer is formed in the front face of the inorganic insulator layer 252 in advance. This is a stock-in-trade in the frame galvanizing method.

[0082] The 1st thin film coil 231 is formed so that width of face beta may serve as range which is 0.25-3 micrometers. Although the thicker one of the thickness of the 1st thin film coil 231 is desirable, when it forms by the frame galvanizing method, it can form about 2 times of the coil width of face beta.

[0083] Next, as shown in drawing 14, the inorganic insulator layer 252 which exists between the 1st adjoining thin film coil 231-231 is removed. In removal of the inorganic insulator layer 252, the 1st thin film coil 231 is used as a mask, and the dry etching methods, such as milling or reactive . ion . etching (Following RIE is called), are performed.

[0084] Next, as shown in drawing 15, the wrap inorganic insulator layer 251 is formed for the front face of the 1st thin film coil 231, and the front face of the 1st magnetic layer 21 which appears between the 1st thin film coil 231-231 by almost uniform thickness. The inorganic insulator layer 251 is constituted by aluminum 2O3, SiO2, AlN or DLC, etc. like the inorganic insulator layer 252. The inorganic insulator layer 252 can be formed by the dry thin film forming methods, such as a spatter or CVD. As for the thickness of the inorganic insulator layer 252, it is desirable to consider as the range of 0.01-0.05 micrometers.

[0085] Next, as shown in drawing 16, the 2nd thin film coil 232 is formed. The 2nd thin film coil 232 is formed by the frame galvanizing method. The 2nd thin film coil 232 is formed in the state of insertion so that the contiguity coil turn spacing A which exists between the 1st thin film coil 231 may be buried except for the most inner circumference.

[0086] Next, as shown in drawing 17, the inorganic insulator layer 253 with which flattening is presented is formed. The inorganic insulator layer 253 covers and forms the 1st thin film coil 231, the 2nd thin film coil 232, the pole tip section 211, and the whole back gap 212. The inorganic insulator layer 253 is constituted by aluminum 2O3 and SiO2 grade. The inorganic insulator layer 253 can be formed by the dry thin film forming methods, such as a spatter or CVD.

[0087] Next, as shown in drawing 18, flattening of the inorganic insulator layer 253 is carried out by CMP etc. The inorganic insulator layer 253 remains between the pole tip member 211 and the 1st thin film coil 231, and flattening of the back gap layer 212 is carried out from the pole tip member 211.

[0088] Next, as shown in drawing 19, the gap layer 24 is formed. the inorganic insulator layer 253 and the 1st and 2nd conductors with which flattening of the gap layer 24 was carried out -- it is prepared in the top face of film 231 and 232. The gap layer 24 can be formed by the dry thin film forming methods, such as a spatter or CVD. The gap layer 24 is constituted by aluminum 2O3, SiO2, AlN or DLC, etc. As for the thickness of the gap layer 24, it is desirable to consider as the range of 0.01-0.05 micrometers.

[0089] Although illustration has not been carried out, after forming the wrap gap layer 24 for the 1st thin film coil 231, the 2nd thin film coil 232, the pole tip section 211, and the whole back gap 212, the gap layer 24 of 235B top \*\* is removed on 235A on 234A and 234B the back gap layer 212 top in the end of an outermost periphery end winding in the most-inner-circumference end-winding end of the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232. In removal of the gap layer 24, a resist pattern is used as a mask and the dry etching methods, such as milling or RIE, are performed for the gap layer 24 on the back gap layer 212. And solvent exfoliation, ashing, etc. remove a resist mask. And by the frame galvanizing method etc., the 1st terminal T1 is formed so that it may straddle on 234A and 234B in the most-inner-circumference end-winding end of the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232, the 2nd terminal T2 is formed so that it may straddle on 235A and 235B in the end of an outermost periphery end winding, and let electrically the 1st and 2nd thin film coils 231 and 232 be parallel circuits. The 1st terminal T1 and T2 is constituted by electric conduction metallic materials, such as Cu (copper). Moreover, the 1st terminal T1 and T2 is taken out through a bump layer, and is connected to electrodes 27 and 28.

[0090] Next, as shown in drawing 20, the 2nd magnetic layer 22 is formed. The 2nd magnetic layer 22 is formed by the frame galvanizing method etc. The 2nd magnetic layer 22 is constituted by NiFe, CoFeNi, CoFe, FeN, FeZrN, etc. As for the thickness of the 2nd magnetic layer 22, it is desirable to consider as the range of 0.25-3 micrometers. The 2nd magnetic layer 22 is supported by the gap layer 24, and is magnetically combined in the back gap layer 212. Thereby, the thin film magnetic circuit involving the 1st magnetic layer 21, 2nd magnetic layer 22, and gap layer 24 is completed. The 2nd magnetic layer 22 may be monolayer structure, and may be multilayer structure.

[0091] Next, as shown in drawing 21 , a protective layer 26 is formed. Membranes are formed by the spatter etc. and flattening of the protective layer 26 is carried out by CMP etc. A protective layer 26 is constituted by aluminum 2O3 and SiO2 grade.

[0092] By passing through the process mentioned above, the thin film magnetic-head element which has the structure shown in drawing 6 - drawing 8 is formed on a wafer (refer to drawing 9 ). In addition, electrode ejection wiring, a bump layer, a bump protective layer, etc. are created separately. Although explanation is omitted, other micro devices, such as a thin film inductor shown in drawing 1 - drawing 5 , can be manufactured through the same process.

[0093] 4. Indicate further the magnetic-head equipment and magnetic recorder and reproducing device this invention using the thin film magnetic head also about magnetic-head equipment and a magnetic recorder and reproducing device. First, the front view showing some magnetic-head equipments which drawing 22 requires for this invention, and drawing 23 are the bottom views of the magnetic-head equipment shown in drawing 22 . Magnetic-head equipment contains the thin film magnetic head 4 and the head means for supporting 5. The thin film magnetic head 4 is the thin film magnetic head concerning this invention explained with reference to drawing 6 - drawing 8 .

[0094] The head means for supporting 5 have structure which attached the flexible body 51 which similarly becomes with a metallic thin plate in the free end in the end of the longitudinal direction of the base material 53 which becomes with a metallic thin plate, and attached the thin film magnetic head 4 in the inferior surface of tongue of this flexible body 51.

[0095] A flexible body 51 has two outside frame parts 55 and 56 which carry out abbreviation parallel with the longitudinal direction axis of a base material 53, and are extended, the transversal frame 54 which connects the outside frame parts 55 and 56 in the edge distant from the base material 53, and the ligula 52 which has been prolonged so that abbreviation parallel may be carried out from the abbreviation center section of the transversal frame 54 at the outside frame parts 55 and 56, and used the tip as the free end.

[0096] The projection 57 for loads of the shape of a semi-sphere of a ligula 52 which upheaved from the base material 53 in the center section mostly is formed. The load force is told from the free end of a base material 53 by this projection 57 for loads to a ligula 52.

[0097] The thin film magnetic head 4 is attached in the inferior surface of tongue of a ligula 52 with means, such as adhesion. The thin film magnetic head 4 is attached in the ligula 52 so that an airstream appearance side edge side may become in the direction of a transversal frame 54. The head means for supporting 5 applicable to this invention are not restricted to the above-mentioned example.

[0098] Drawing 24 is the top view of the magnetic recorder and reproducing device concerning this invention. The illustrated magnetic recorder and reproducing device contains magnetic-head equipment 6 and a magnetic disk 7. Magnetic-head equipment 6 is illustrated to drawing 22 and drawing 23 . The end of the head means for supporting 5 is combined with the end of an arm 9, and magnetic-head equipment 6 is supported by the pointing device 8 with which the other end of an arm 9 contains a voice coil etc., and is driven. In free one end of the head means for supporting 5, the thin film magnetic head 4 is supported by the head means for supporting 5, and it is arranged so that it may counter with the magnetic-recording side of a magnetic disk 7.

[0099] If the rotation drive of the magnetic disk 7 is carried out in the direction of an arrow head F1 by the driving gear which is not illustrated, the thin film magnetic head 4 will surface from the field of a magnetic disk 7 by the minute flying height. The thin film magnetic head 4 attached in the point of the head means for supporting 5 is driven in the direction of a path of a magnetic disk 7. And by the positioning device 8 which drives the head means for supporting 5, the thin film magnetic head 4 is positioned in the predetermined truck location on a magnetic disk 7, and read-out of magnetic recording and writing are performed.

[0100] As mentioned above, although the contents of this invention were concretely explained with reference to the desirable example, it is obvious that various deformation modes can be taken based on the fundamental technical thought of this invention and instruction if it is this contractor.

[0101]

[Effect of the Invention] According to this invention, the following effectiveness can be acquired as stated above.

(a) Maintaining the number of coil turns without lengthening magnetic-path length, coil resistance can be lowered and the micro device which can reduce calorific value especially the thin film magnetic head, and a thin film inductor can be offered.

(b) A noise can be decreased and the micro device which was suitable for easy-izing the design of a digital disposal circuit further especially the thin film magnetic head, and a thin film inductor can be offered.

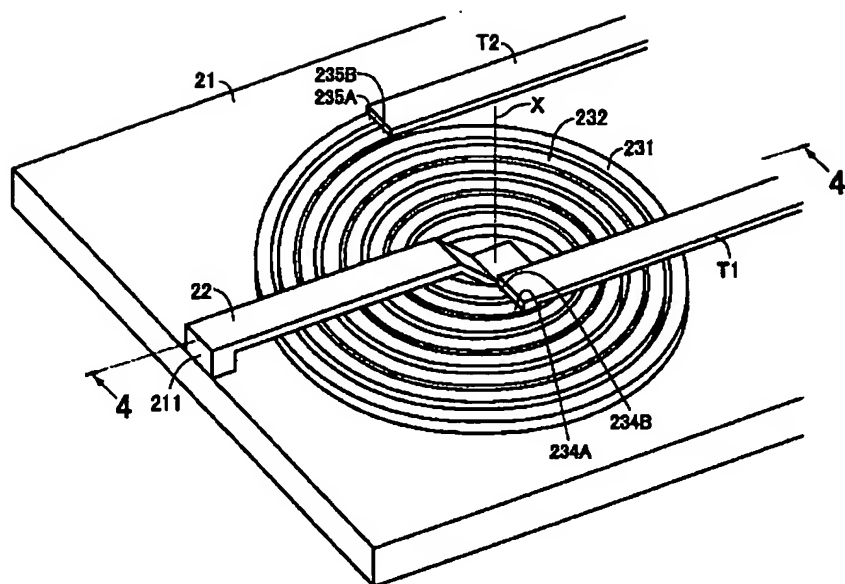
---

[Translation done.]

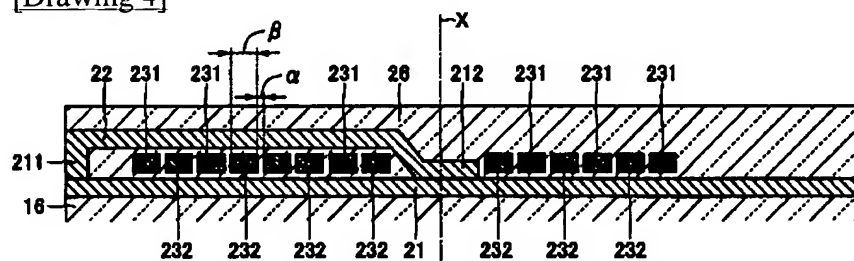




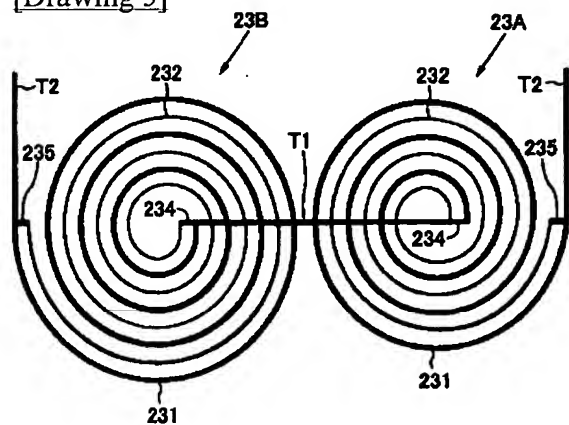




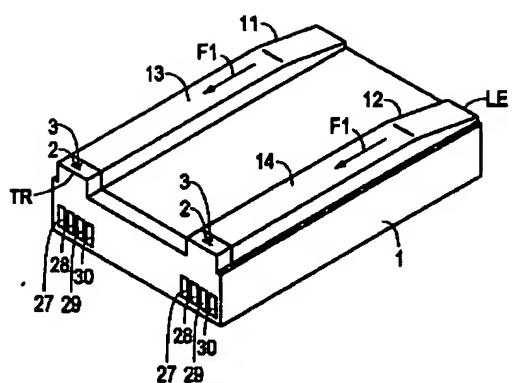
[Drawing 4]



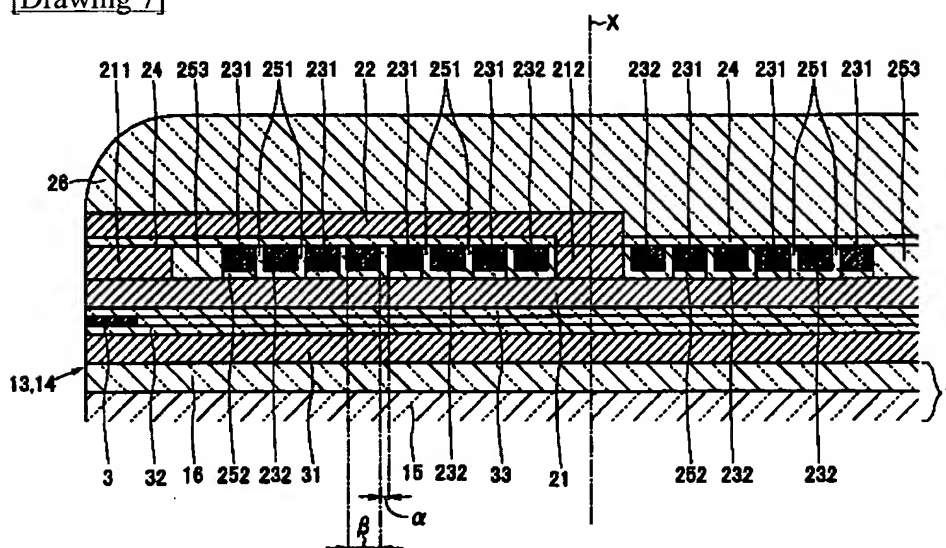
[Drawing 5]



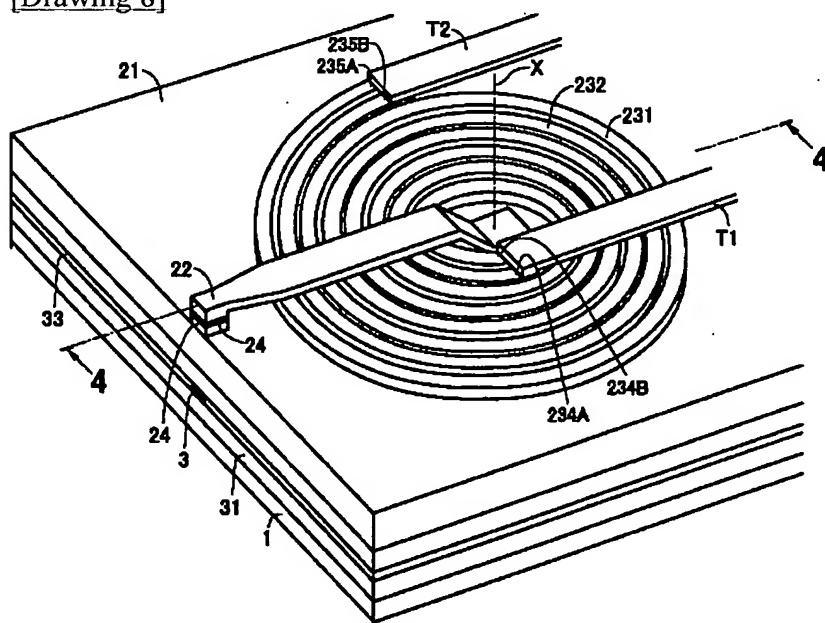
[Drawing 6]



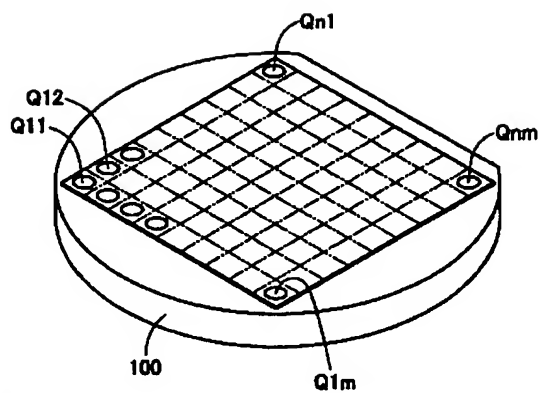
[Drawing 7]



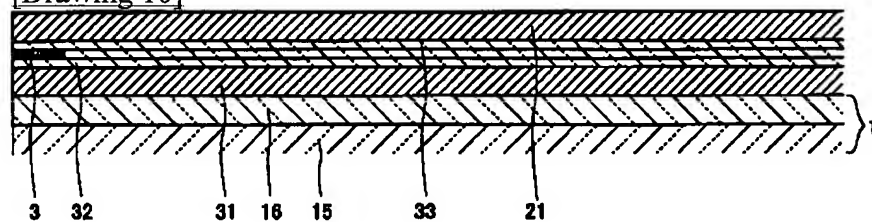
[Drawing 8]



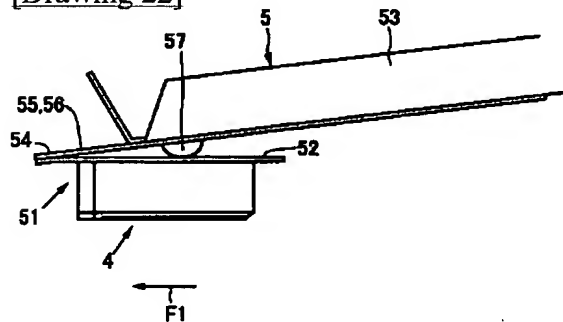
[Drawing 9]



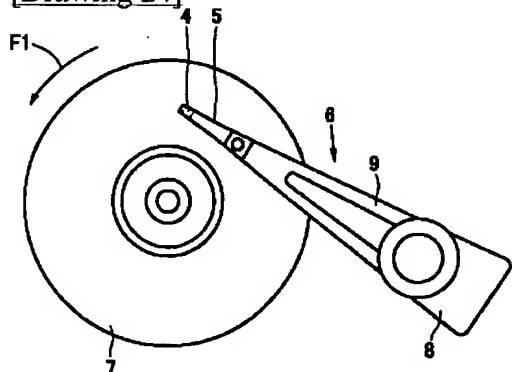
[Drawing 10]



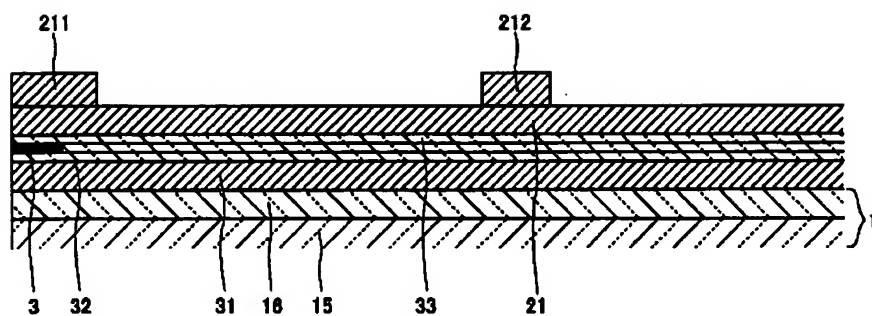
[Drawing 22]



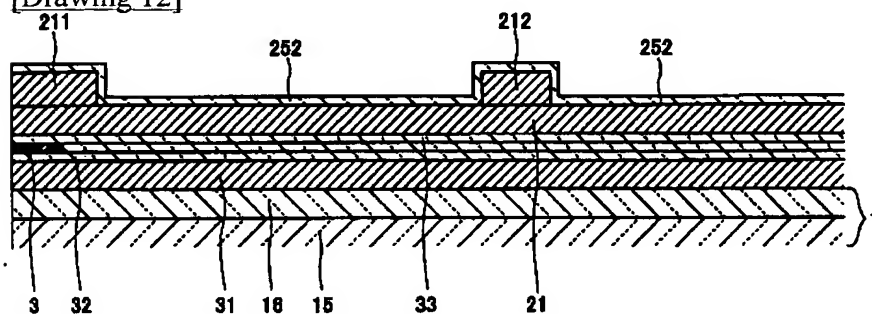
[Drawing 24]



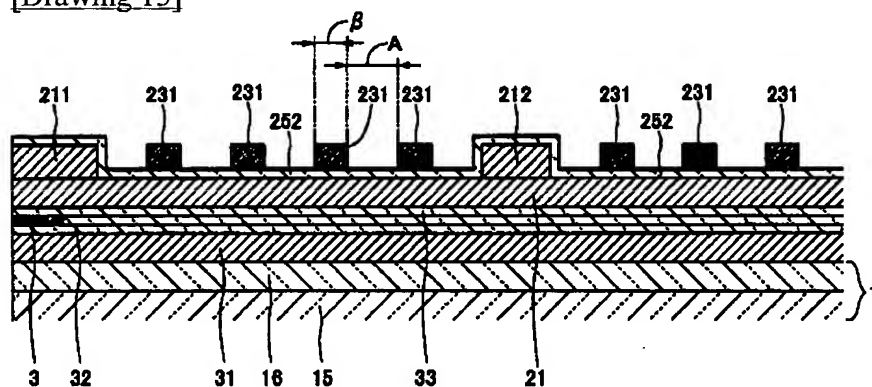
[Drawing 11]



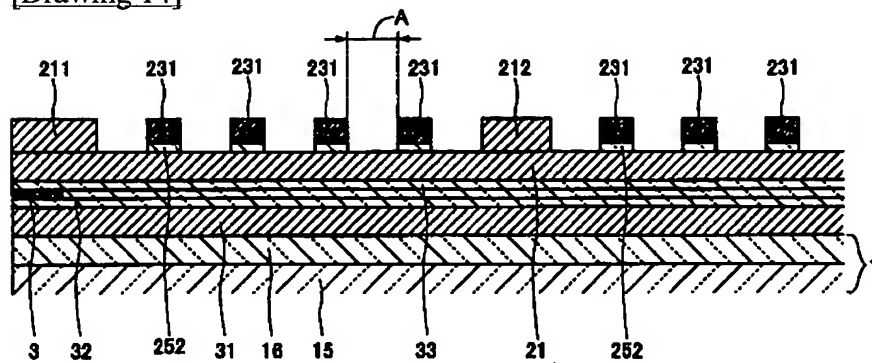
[Drawing 12]



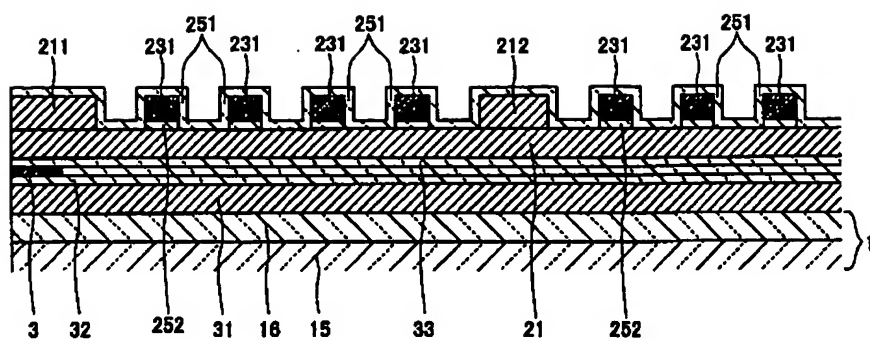
[Drawing 13]



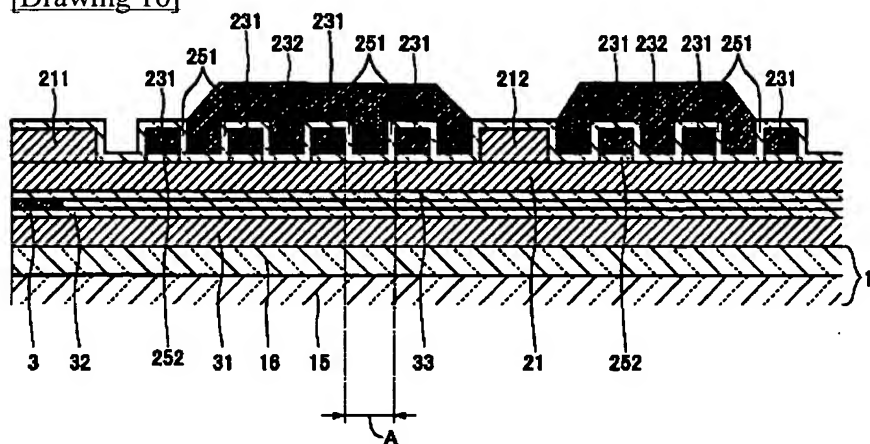
[Drawing 14]



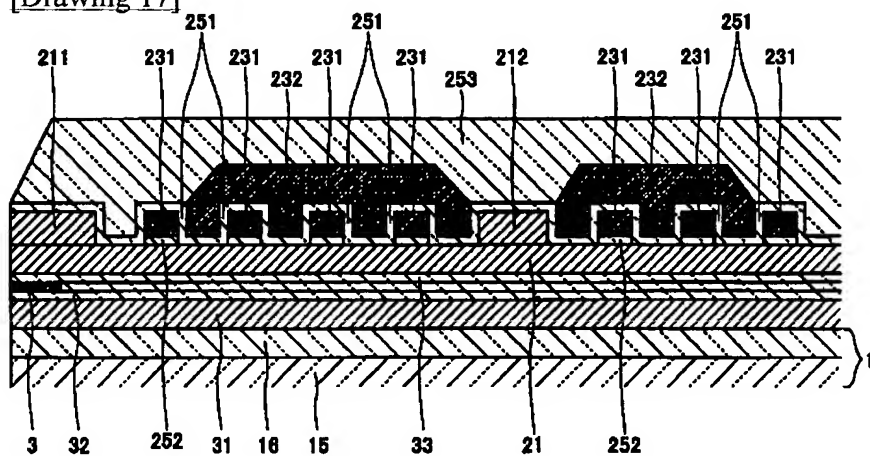
[Drawing 15]



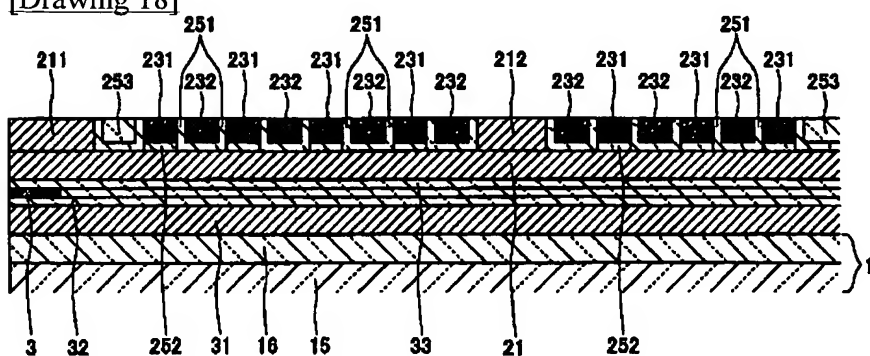
[Drawing 16]



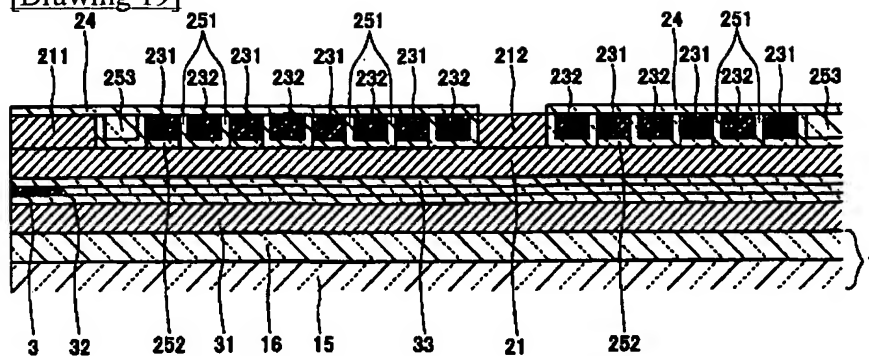
[Drawing 17]



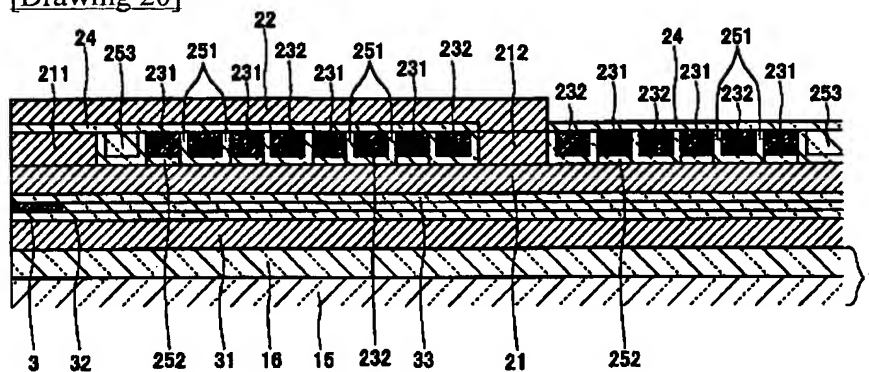
[Drawing 18]



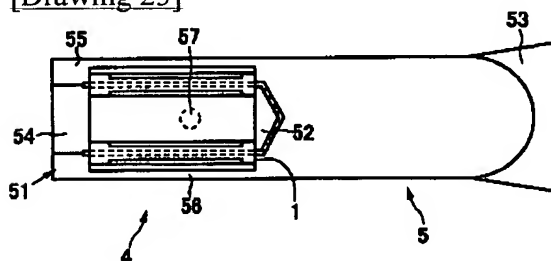
[Drawing 19]



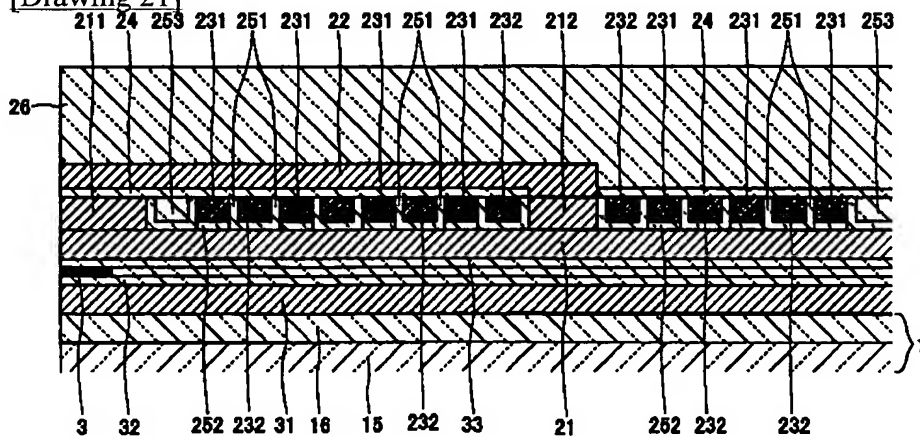
[Drawing 20]



[Drawing 23]



[Drawing 21]



[Translation done.]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-282324

(43)Date of publication of application : 03.10.2003

(51)Int.Cl.

H01F 17/00  
G11B 5/31

(21)Application number : 2002-080608

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 22.03.2002

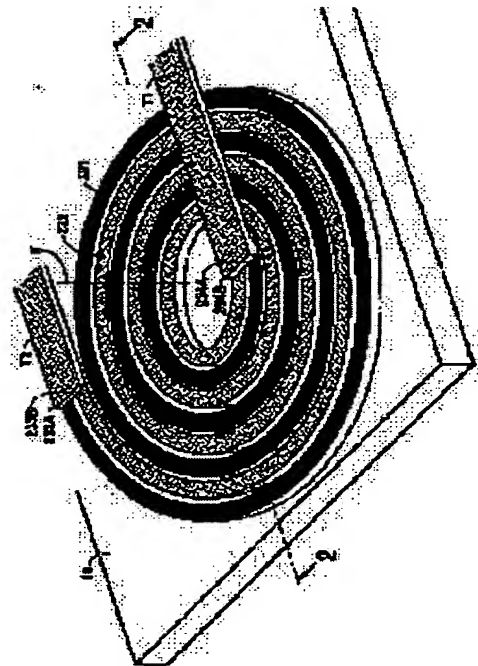
(72)Inventor : UEJIMA SATOSHI

## (54) MICRODEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a microdevice that can be reduced in heat generation amount by lowering the resistance of a coil, while the number of turns of the coil is maintained, as it is, without making the length of a magnetic path larger.

**SOLUTION:** In this microdevice, a first thin film coil 231 is wound turning in a plane around an axis X. A second thin film coil 232 is disposed among the turns of the coil 231, except its outermost or innermost periphery, wound turning in a plane around the axis X, and electrically connected, in parallel with the coil 231 through first and second terminals T1 and T2. An inorganic insulating film 251 is provided in a gap to demarcate a width  $\alpha$  of the gap. The width  $\alpha$  is narrower than intervals  $\beta$  between the turns of the thin film coils 231 and 232, as viewed from a direction parallel to the wound plane of the coils 231 and 232.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-282324

(P2003-282324A)

(43)公開日 平成15年10月3日(2003.10.3)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 F 17/00

H 0 1 F 17/00

B 5 D 0 3 3

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

F 5 E 0 7 0

K

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2002-80608(P2002-80608)

(22)出願日 平成14年3月22日(2002.3.22)

(71)出願人 000003067

T D K株式会社

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)発明者 上島 聡史

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内

(74)代理人 100081606

弁理士 阿部 美次郎

Fターム(参考) 5D033 BA32 BA34 BA39 BB43 DA02

DA07 DA31

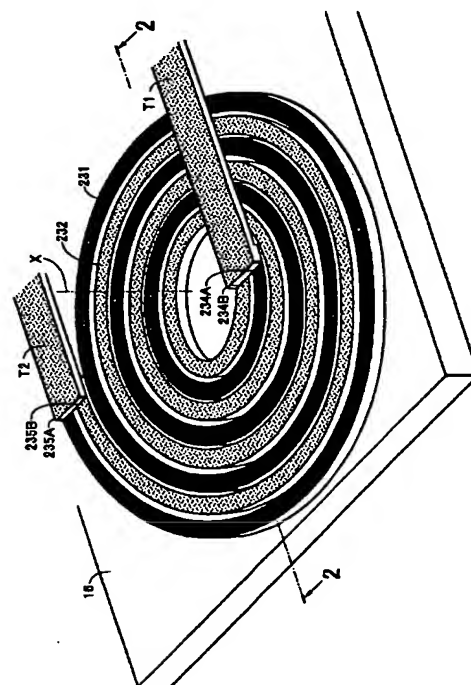
5E070 AA01 BA12 CB02 CB12

(54)【発明の名称】 マイクロデバイス及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】磁路長を長くすることなく、コイルターン数を維持したままで、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できるマイクロデバイスを提供する。

【解決手段】第1の薄膜コイル231は軸Xの周りを平面状に周回する。第2の薄膜コイル232は、その最外周もしくは最内周を除いて、第1の薄膜コイル231のコイルターン間に配置され、軸Xの周りを平面状に周回し、第1及び第2の端子T1、T2により、第1の薄膜コイル231と電氣的に並列に接続されている。無機絶縁膜251はギャップの内部にあってギャップ幅 $\alpha$ を画定する。ギャップ幅 $\alpha$ は、第1及び第2の薄膜コイル231、232の周回面と平行な方向で見たコイルターンのコイル幅 $\beta$ よりも小さい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 の薄膜コイルと、第 2 の薄膜コイルと、無機絶縁膜と、第 1 の端子と、第 2 の端子とを含むマイクロデバイスであって、

前記第 1 の薄膜コイルは、1 つの軸の周りを平面状に周回し、

前記第 2 の薄膜コイルは、前記第 2 の薄膜コイルの最外周もしくは最内周を除いて、前記第 1 の薄膜コイルの 2 つのコイルターン間に生じる間隔内に配置され、前記 2 つのコイルターンとの間にギャップを有して、前記軸の周りを平面状に周回し、

前記第 1 の薄膜コイル及び第 2 の薄膜コイルは、それぞれの最内周コイル末端が前記第 1 の端子によって電氣的に並列に接続され、それぞれの最外周コイル末端が前記第 2 の端子によって電氣的に並列に接続されており、前記無機絶縁膜は、前記ギャップの内部にあってギャップ幅  $\alpha$  を画定しており、

前記ギャップ幅  $\alpha$  は、前記第 1 及び第 2 の薄膜コイルの周回面と平行な方向で見た前記コイルターンのコイル幅  $\beta$  よりも小さいマイクロデバイス。

【請求項 2】 請求項 1 に記載されたマイクロデバイスであって、

前記第 1 の薄膜コイル及び前記第 2 の薄膜コイルは、ターン数が同一であるマイクロデバイス。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載されたマイクロデバイスであって、

前記ギャップ幅  $\alpha$  は、 $0.01 \sim 0.05 \mu\text{m}$  の範囲にあるマイクロデバイス。

【請求項 4】 請求項 1 乃至 3 の何れかに記載されたマイクロデバイスであって、

$(1/300) \leq \alpha/\beta \leq (1/5)$

を満たすマイクロデバイス。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 の何れかに記載されたマイクロデバイスであって、

更に、第 1 の磁性層及び第 2 の磁性層を含んでおり、

前記第 1 の磁性層は、前記第 1 及び第 2 の薄膜コイルの下側に配置されており、

前記第 2 の磁性層は、前記第 1 及び第 2 の薄膜コイルの上側に配置され、前記第 1 の磁性層と磁氣的に結合されており、

前記薄膜コイルは、前記第 1 及び第 2 の磁性層の磁氣的結合部の周りを周回するマイクロデバイス。

【請求項 6】 請求項 5 に記載されたマイクロデバイスであって、前記第 1 及び第 2 の薄膜コイルは、第 2 の無機絶縁膜を介して、前記第 1 の磁性層及び前記第 2 の磁性層と隣接するマイクロデバイス。

【請求項 7】 請求項 5 に記載されたマイクロデバイスであって、前記第 2 の無機絶縁膜は、膜厚が  $0.01 \sim 0.05 \mu\text{m}$  の範囲にあるマイクロデバイス。

【請求項 8】 請求項 1 乃至 7 の何れかに記載されたマ

イクロデバイスであって、薄膜インダクタであるマイクロデバイス。

【請求項 9】 請求項 1 乃至 7 の何れかに記載されたマイクロデバイスであって、薄膜磁気ヘッドであるマイクロデバイス。

【請求項 10】 請求項 9 に記載されたマイクロデバイスであって、更に、読み取り素子を含んでおり、前記読み取り素子は、巨大磁気抵抗効果素子を含むマイクロデバイス。

【請求項 11】 請求項 10 に記載されたマイクロデバイスであって、前記巨大磁気抵抗効果素子は、スピンバルブ膜または強磁性トンネル接合の何れかを含むマイクロデバイス。

【請求項 12】 薄膜磁気ヘッドと、ヘッド支持装置とを含む磁気ヘッド装置であって、

前記薄膜磁気ヘッドは、請求項 9 乃至 11 の何れかに記載されたものでなり、前記ヘッド支持装置は、前記薄膜磁気ヘッドを支持する磁気ヘッド装置。

【請求項 13】 磁気ヘッド装置と、磁気記録媒体とを含む磁気記録再生装置であって、

前記磁気ヘッド装置は、請求項 12 に記載されたものでなり、

前記磁気記録媒体は、前記薄膜磁気ヘッドと協働して磁気記録再生を行う磁気記録再生装置。

【請求項 14】 第 1 の薄膜コイルと、第 2 の薄膜コイルと、無機絶縁膜を含むマイクロデバイスの製造方法であって、

支持体の表面に、第 1 の薄膜コイルを、第 1 のコイルターン間隔を隔てて、スパイラル状に形成し、

次に、前記第 1 の薄膜コイルの表面、及び、前記第 1 のコイルターン間隔に現れる前記支持体の表面を、ほぼ均一な膜厚で覆う第 1 の無機絶縁膜を形成し、

次に、前記第 1 のコイルターン間隔内に、第 2 の薄膜コイルの最外周もしくは最内周を除いて、第 2 の薄膜コイルを、嵌め込み状態で形成し、

次に、第 1 の薄膜コイル両端部と第 2 の薄膜コイル両端部に、第 1 の薄膜コイルと第 2 の薄膜コイルが電氣的に並列回路になるように接続すると同時に、取り出し電極へ引き回すための端子を形成する工程を含むマイクロデバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロデバイス及びその製造方法に関する。本発明において、マイクロデバイスとは、薄膜磁気ヘッド、薄膜インダクタ、半導体デバイス、薄膜センサ、薄膜アクチュエータまたはこれらを組み込んだ装置であって、薄膜コイルを有するものをいう。

## 【0002】

【従来の技術】この種のマイクロデバイスとして、薄膜

磁気ヘッドを例にとると、その内部に備えられる書き込み素子は、空気ベアリング面（以下ABS面と称する）の側（前方部と称する）において、第1の磁性層の磁極端及び第2の磁性層の磁極端を、ギャップ層を介して対向させ、ABS面とは反対側の後方部において、第1の磁性層及び第2の磁性層を磁気結合させ、バックギャップを構成する。バックギャップの周りには、第1の磁性層及び第2の磁性層の膜面に対して平行で、かつ、ABS面に対してほぼ直交する平面に、バックギャップを周回する平面状の薄膜コイルが配置されている。

【0003】薄膜コイルは、一般にフレームめっき法によって形成される。特公昭56-36706号公報に代表される従来のフレームめっき法では、フレームめっき処理の後にレジストフレームを除去し、除去されたレジストフレームの底部幅を、隣接コイルターン間の間隔として、そのまま残していた。このため、コイル長が長くならざるを得ず、インピーダンス値の低減、及び、高周波特性の改善に限界を生じていた。

【0004】特開2001-93113号公報は、平面状のコイル構造から、コイル周回軸を90度変更した垂直周回構造とし、磁路長の縮小と、渦電流損失の低減とを可能とし、高周波特性を向上させた薄膜磁気ヘッドを開示している。

【0005】しかし、この公知文献に記載された技術の場合も、めっき処理の後に除去されるレジストフレームの底部幅を、隣接コイルターン間の間隔として、そのまま利用していたので、依然として、従来の問題点が残されたままであった。

【0006】更に、従来の薄膜コイル構造では、磁路長を一定に維持したままで、出力向上のためにコイルターン数を増やすと、コイル導体幅が狭くならざるを得ず、コイル抵抗値が高くなり、発熱量が増大するという問題点があった。

【0007】コイル薄膜コイルの幅が狭くなった分を、コイル導体の厚みを増大させることによって補い、コイル抵抗値の増大を押さえることは可能であるが、この場合には、薄膜コイルをフレームめっき法で形成するときのレジストフレームの厚さを、レジストフレームパターンの微細化と共に厚くしてはならず、レジストフレームパターンの形成が困難になり、薄膜コイルの形成が困難になる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、磁路長を長くすることなく、コイルターン数を維持したままで、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できるマイクロデバイス、特に、薄膜磁気ヘッド及び薄膜インダクタを提供することである。

【0009】本発明のもう一つの課題は、ノイズを減少させ、更に、信号処理回路の設計を容易化するのに適したマイクロデバイス、特に、薄膜磁気ヘッド及び薄膜イ

ンダクタを提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するため、本発明に係るマイクロデバイスは、第1の薄膜コイルと、第2の薄膜コイルと、無機絶縁膜と、第1の端子と、第2の端子とを含む。

【0011】前記第1の薄膜コイルは、1つの軸の周りを平面状に周回する。前記第2の薄膜コイルは、前記第2の薄膜コイルの最外周もしくは最内周を除いて、前記第1の薄膜コイルの2つのコイルターン間に生じる間隔内に配置され、前記2つのコイルターンとの間にギャップを有して、前記軸の周りを平面状に周回する。

【0012】前記第1の薄膜コイル及び第2の薄膜コイルは、それぞれの最内周コイル末端が前記第1の端子によって電気的に並列に接続され、それぞれの最外周コイル末端が前記第2の端子によって電気的に並列に接続されている。

【0013】前記無機絶縁膜は、前記ギャップの内部にあってギャップ幅 $\alpha$ を画定しており、前記ギャップ幅 $\alpha$ は、前記第1及び第2の薄膜コイルの周回面と平行な方向で見た前記コイルターンのコイル幅 $\beta$ よりも小さい。

【0014】上述したように、本発明に係るマイクロデバイスでは、第1の薄膜コイルは、1つの軸の周りを平面状に周回しており、第2の薄膜コイルは、その最外周もしくは最内周を除いて、第1の薄膜コイルのコイルターン間に配置され、軸の周りを平面状に周回しているから、第1の薄膜コイルの隣接コイルターン間の間隔内に、第2の薄膜コイルを配置したインサージョンコイル構造を実現することができる。このため、磁路長を長くすることなく、コイルターン数を維持し得る。

【0015】しかも、第1の薄膜コイル及び第2の薄膜コイルは、それぞれの最内周コイル末端が第1の端子によって電気的に並列に接続され、それぞれの最外周コイル末端が第2の端子によって電気的に並列に接続されているから、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できる。

【0016】また、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できるので、ノイズを減少させ、更に、信号処理回路の設計を容易化することができるようになる。

【0017】前記無機絶縁膜は、前記ギャップの内部にあってギャップ幅 $\alpha$ を画定している。前記ギャップ幅 $\alpha$ は、前記第1及び第2の薄膜コイルの周回面と平行な方向で見た前記コイルターンのコイル幅 $\beta$ よりも小さい。ギャップ幅 $\alpha$ を画定する無機絶縁膜は、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$ または $DL C$ （ダイヤモンド、ライク、カーボン）等によって構成される。このような無機絶縁膜は、スパッタまたはCVD等によって形成し得る。したがって、これらの薄膜形成技術の限界まで、ギャップ幅 $\alpha$ を微細化し、コイル周回密度を高めることができる。

【0018】原則的には、前記第1の薄膜コイル及び前記第2の薄膜コイルは、ターン数が同一である。この構

成によれば、第1の薄膜コイル及び第2の薄膜コイルの電流分担の均一化、起磁力の均一化に資することができる。

【0019】好ましくは、ギャップ幅 $\alpha$ は、0.01～0.05 $\mu\text{m}$ の範囲に設定する。このようなギャップ幅 $\alpha$ を持つ無機絶縁膜は、スパッタまたはCVDで、確実に形成し得る。また、この範囲であれば、薄膜インダクタや薄膜磁気ヘッドへの適用において、必要な電気絶縁を確保し得る。

【0020】好ましくは、隣接コイルターン間のギャップ幅 $\alpha$ 、及び、各コイルターンのコイル幅 $\beta$ は、 $(1/300) \leq \alpha/\beta \leq (1/5)$ を満たす。

【0021】上記条件式において、ギャップ幅 $\alpha$ を、0.01～0.05 $\mu\text{m}$ の範囲に設定した場合、各コイルターンのコイル幅 $\beta$ は0.25～3 $\mu\text{m}$ の範囲になる。各コイルターンのコイル幅 $\beta$ が、このような範囲にあれば、本発明の主要な適用例である薄膜インダクタまたは薄膜磁気ヘッドとしては、十分である。

【0022】本発明において、マイクロデバイスとは、薄膜磁気ヘッド、薄膜インダクタ、半導体デバイス、薄膜センサ、薄膜アクチュエータまたはこれらを組み込んだ装置を含む。特に好ましい適用例は、薄膜磁気ヘッド及び薄膜インダクタである。

【0023】薄膜磁気ヘッドへの適用において、本発明は、書き込み素子の薄膜コイルに適用される。薄膜磁気ヘッドは読み取り素子を含んでもよい。前記読み取り素子は、巨大磁気抵抗効果素子を含むことができる。前記巨大磁気抵抗効果素子は、スピンバルブ膜または強磁性トンネル接合素子の何れかを含むことができる。

【0024】本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、勿論、磁気ヘッド装置及び磁気記録再生装置を実現するのに用いることができる。

【0025】薄膜インダクタの場合は、薄膜コイルがそのままインダクタンスを生じる線路として用いられる。薄膜インダクタは、薄膜コイルとともに、薄膜コアを有していてもよい。

【0026】本発明は、更に、上述したマイクロデバイスの製造方法を開示する。本発明に係る製造方法では、支持体の表面に、第1の薄膜コイルを、第1のコイルターン間隔を隔てて、スパイラル状に形成する。

【0027】次に、前記第1の薄膜コイルの表面、及び、前記第1のコイルターン間隔に現れる前記支持体の表面を、ほぼ均一な膜厚で覆う第1の無機絶縁膜を形成する。

【0028】次に、前記第1のコイルターン間隔内に、第2の薄膜コイルの最外周もしくは最内周を除いて、第2の薄膜コイルを、嵌め込み状態で形成する。

【0029】そして、第1の薄膜コイル両端部と第2の薄膜コイル両端部に、第1の薄膜コイルと第2の薄膜コ

イルが電氣的に並列回路となるように接続すると同時に取り出し電極へ引き回すための端子を形成する。

【0030】以上の工程を含むことにより、第1の薄膜コイルの隣接コイルターン間の間隔に、それと電氣的に並列回路をなす、もう一つのコイルターンとなる第2の薄膜コイルをインサートしたインサーションコイル構造が実現される。

【0031】本発明の他の目的、構成及び利点については、添付図面を参照して、更に詳しく説明する。図面は、単なる実施例を示すに過ぎない。

【0032】

【発明の実施の形態】1. 薄膜インダクタとしてのマイクロデバイス

図1は本発明に係るマイクロデバイスの平面図、図2は図1の2-2線に沿った断面図である。図示実施例は薄膜インダクタとして具体化されたマイクロデバイスを示し、第1の薄膜コイル231と、第2の薄膜コイル232と、支持体となる絶縁層16と、第1の端子T1と、第2の端子T2とを含む。

【0033】第1の薄膜コイル231は、絶縁層16の面に対して垂直となる1つの軸Xの周りを、平面状に周回する。即ち、スパイラル状である。第1の薄膜コイル231は絶縁層16の面上に配置されている。第1の薄膜コイル231は、Cu（銅）などの導電金属材料によって構成される。

【0034】第2の薄膜コイル232は、その最外周もしくは最内周を除いて、第1の薄膜コイル231のコイルターン間に配置され、軸Xの周りを平面状に周回する。即ち、第2の薄膜コイル232もスパイラル状である。第2の薄膜コイル232は、第1の薄膜コイル231と電氣的に並列に接続されている。第2の薄膜コイル232も、Cu（銅）などの導電金属材料によって構成される。

【0035】第1の薄膜コイル231及び第2の薄膜コイル232の電氣的並列接続に当たって、第1及び第2の薄膜コイル231、232の最内周コイル端末234A、234Bに第1の端子T1が接続されており、最外周コイル端末235A、235Bには第2の端子T2が接続されている。

【0036】第1及び第2の薄膜コイル231、232のターン数は任意である。但し、原則的には、第1の薄膜コイル231のターン数と、第2の薄膜コイル232のターン数とは、同一にする。本明細書において、コイルターンはコイル膜と同義の技術用語として用いる。

【0037】上述したように、本発明に係るマイクロデバイスでは、第1の薄膜コイル231は、軸Xの周りを平面状に周回しており、第2の薄膜コイル232は、その最外周もしくは最内周を除いて、第1の薄膜コイル231のコイルターン間に配置され、軸Xの周りを平面状に周回しているから、第1の薄膜コイル231の隣接コ

イルターン間の間隔内に、第2の薄膜コイル232を配置したインサクションコイル構造を実現することができる。第2のコイル232の最外周もしくは最内周に位置する部分は、第1のコイル231をフレームめっき法で形成するときのレジストフレームが存在する部分である。このため、磁路長を長くすることなく、コイルターン数を維持し得る。

【0038】しかも、第2の薄膜コイル232は、第1の薄膜コイル231と電気的に並列に接続されているので、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できる。

【0039】したがって、本発明によれば、磁路長を長くすることなく、コイルターン数を維持したままで、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できる。

【0040】また、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できるので、ノイズを減少させ、更に、信号処理回路の設計を容易化することができるようになる。

【0041】第1及び第2の薄膜コイル231、232の周回する平面と平行な方向で見たギャップ幅 $\alpha$ は、同方向で見た各コイルターンのコイル幅 $\beta$ よりも小さくなっていて、その寸法は、ギャップ内の無機絶縁膜251の膜厚によって画定されている。無機絶縁膜251は、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$ または $DL C$ 等によって構成される。このような無機絶縁膜251は、スパッタまたは $CVD$ 等によって形成し得る。したがって、これらの薄膜形成技術の限界まで、ギャップ幅 $\alpha$ を微細化し、コイル周回密度を高めることができる。

【0042】また、第1の薄膜コイル231のターン数と、第2の薄膜コイル232のターン数とを同一にした場合は、第1の薄膜コイル231及び第2の薄膜コイル232の電流分担、起磁力及び発熱の均一化に資することができる。

【0043】好ましくは、ギャップ幅 $\alpha$ は、 $0.01 \sim 0.05 \mu m$ の範囲に設定する。このようなギャップ幅 $\alpha$ を持つ無機絶縁膜251は、薄膜インダクタへの適用において、必要な電気絶縁を確保し得る。

【0044】好ましくは、隣接コイルターン間のギャップ幅 $\alpha$ 、及び、各コイルターンのコイル幅 $\beta$ は、 $(1/300) \leq \alpha/\beta \leq (1/5)$ を満たす。

【0045】上記条件式において、ギャップ幅 $\alpha$ を、 $0.01 \sim 0.05 \mu m$ の範囲に設定した場合、各コイルターンのコイル幅 $\beta$ は $0.25 \sim 3 \mu m$ の範囲になる。各コイルターンのコイル幅 $\beta$ が、このような範囲にあれば、本発明の適用例である薄膜インダクタとしては、十分である。

【0046】図3は本発明に係るマイクロデバイスの更に別の実施例を示す斜視図、図4は図3の4-4線に沿った断面図である。図において、図1及び図2に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付し、重複説明は省略する。

【0047】図示実施例の特徴は、第1の磁性層21及び第2の磁性層22を含んでいることである。第1の磁性層21は、第1の薄膜コイル231の下側において、絶縁層16によって支持されている。支持層となる絶縁層16は、例えば、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$ または $DL C$ 等の無機絶縁材料によって構成される。

【0048】第2の磁性層22は、第1及び第2の薄膜コイル231、232の上側に配置され、両端が第1の磁性層231と磁気的に結合され、それぞれ、磁気的結合部212、211を構成する。これにより、第1及び第2の磁性層21、22による閉磁路が形成される。即ち、第1及び第2の磁性層21、22は閉磁路の薄膜コアを構成する。

【0049】第1及び第2の磁性層21、22は、例えば、 $NiFe$ 、 $CoFe$ 、 $FeN$ または $FeZrN$ 等の磁性材料を用いて構成することができる。第1及び第2の磁性層21、22のそれぞれは単層構造であってもよいし、多層構造であってもよい。第1及び第2の磁性層21、22の各膜厚は、例えば、 $0.25 \sim 3 \mu m$ の範囲に設定される。このような第1及び第2の磁性層21、22はフレームめっき法によって形成できる。

【0050】第1及び第2の薄膜コイル231、232は、第1及び第2の磁性層21、22の磁気的結合部212の周りを周回している。

【0051】更に、図示実施例では、第1及び第2の薄膜コイル231、232は、無機絶縁膜252を介して、第1の磁性層21及び第2の磁性層22と隣接する。無機絶縁膜252の材料組成、形成方法及び膜厚等は、隣接コイルターン間のギャップ幅 $\alpha$ を埋める無機絶縁膜251と同じであるので、説明は省略する。

【0052】更に、図1～図4において、第1及び第2の薄膜コイル231、232の組み合わせは1つだけであるが、図5に示すように、第1及び第2の薄膜コイル231、232の組み合わせは、複数組23A、23Bであってもよい。複数の第1及び第2の薄膜コイル231、232を有する場合は、各組23A、23Bを個々に独立させてもよいし、直列（図示実施例）もしくは並列または直並列等、任意の接続構造を採用することができる。更に、薄膜インダクタは、それ自体として、完結した電子部品の形態であってもよいし、集積回路等において、その一部を構成する要素であってもよい。

【0053】2. 薄膜磁気ヘッドとしてのマイクロデバイス

図6は薄膜磁気ヘッドの斜視図、図7は図6に示した薄膜磁気ヘッドの断面図、図8は図6、図7に示した薄膜磁気ヘッドのコイル構造を示す斜視図である。図示された薄膜磁気ヘッドは、スライダ1と、書き込み素子2と、読み取り素子3とを含む。

【0054】スライダ1は、媒体対向面側にレール11、12を有し、レール11、12の表面がABS面1

3、14として利用される。レール11、12は2本に限らない。1〜3本のレールを有することがあり、レールを持たない平面となることもある。また、浮上特性改善等のために、媒体対向面に種々の幾何学的形状が付されることもある。何れのタイプのスライダ1であっても、本発明の適用が可能である。また、スライダ1は、レールの表面に、例えば3〜8nm程度の層厚を有する DLC等の保護層を備えることもあり、このような場合は保護層の表面がABS13、14となる。スライダ1は、 $Al_2O_3-TiC$ 等である基体15の表面に、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 等の絶縁層16を設けたセラミック構造体である。

【0055】書き込み素子2は誘導型磁気変換素子であり、読み取り素子3はMR素子である。書き込み素子2及び読み取り素子3は、空気の流れ方向F1で見て、レール11、12の一方または両者の空気流出端（トレリング、エッジ）TRの側に備えられている。書き込み素子2及び読み取り素子3は、スライダ1に備えられ、電磁変換のための端部がABS13、14と近接した位置にある。空気流出端TRの側にある側面には、書き込み素子2に接続された取り出し電極27、28、及び、読み取り素子3に接続された取り出し電極29、30がそれぞれ設けられている。

【0056】書き込み素子2は、読み取り素子3に対する第2のシールド層を兼ねている第1の磁性層21と、第2の磁性層22と、第1及び第2の薄膜コイル231、232と、アルミナ等であるギャップ層24、無機絶縁膜251、252と、保護層26とを有している。第2のシールド層は、第1の磁性層21から独立して備えられていてもよい。

【0057】第1の磁性層21は、第1の薄膜コイル231の下側において、絶縁層16によって支持されている。支持層となる絶縁層16は、例えば、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$ またはDLC等の無機絶縁材料によって構成される。

【0058】第1及び第2の磁性層21、22は、例えば、 $NiFe$ 、 $CoFe$ 、 $FeN$ または $FeZrN$ 等の磁性材料を用いて構成することができる。第1及び第2の磁性層21、22のそれぞれは単層構造であってもよいし、多層構造であってもよい。第1及び第2の磁性層21、22の各膜厚は、例えば、0.25〜3 $\mu m$ の範囲に設定される。このような第1及び第2の磁性層21、22はフレームめっき法によって形成できる。

【0059】第1の磁性層21及び第2の磁性層22の先端部は、微小厚みのギャップ層24を隔てて対向するポール端211となっており、ポール端211において書き込みを行なう。本発明においては、これまで提案された何れのポール構造も採用できる。ギャップ層24は、非磁性金属層またはアルミナ等の無機絶縁層によって構成される。

【0060】第2の磁性層22は、更に、第1の磁性層21との間にインナーギャップを保って、ABS13、14の後方に延び、バックギャップ層212において第2の磁性層22に結合されている。これにより、第1の磁性層21、第2の磁性層22及びギャップ層24を巡る薄膜磁気回路が完結する。

【0061】第1及び第2の薄膜コイル231、232は、第1及び第2の磁性層21、22の磁気的結合部212の周りを周回している。第1の薄膜コイル231は、スパイラル状であって、絶縁層16の面上に配置され、絶縁層16の面に対して垂直となる1つの軸Xの周りを平面状に周回する。第1の薄膜コイル231は、Cu（銅）などの導電金属材料によって構成される。

【0062】第2の薄膜コイル232もスパイラル状であって、第1の薄膜コイル231のコイルターン間に配置され、軸Xの周りを平面状に周回する。第2の薄膜コイル232は、第1の薄膜コイル231と電氣的に並列に接続されている。第2の薄膜コイル232も、Cu（銅）などの導電金属材料によって構成される。

【0063】第1の薄膜コイル231及び第2の薄膜コイル232の電氣的並列接続に当って、第1及び第2の薄膜コイル231、232の最内周コイル端末234A、234Bに第1の端子T1が接続されており、最外周コイル端末235A、235Bには第2の端子T2が接続されている（図8参照）。第1及び第2の薄膜コイル231、232のターン数は任意である。但し、原則的には、第1の薄膜コイル231のターン数と、第2の薄膜コイル232のターン数とは、同一にする。

【0064】上述したように、本発明に係る薄膜磁気ヘッドでは、第1の薄膜コイル231は、軸Xの周りを平面状に周回し、第2の薄膜コイル232は第1の薄膜コイル231のコイルターン間に配置され、軸Xの周りを平面状に周回するから、第1の薄膜コイル231の隣接コイルターン間の間隔内に、第2の薄膜コイル232を配置したインサクションコイル構造を実現することができる。このため、磁路長を長くすることなく、コイルターン数を維持し得る。

【0065】しかも、第2の薄膜コイル232は、第1の薄膜コイル231と電氣的に並列に接続されているので、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できる。

【0066】また、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できるので、ノイズを減少させ、更に、信号処理回路の設計を容易化することができるようになる。

【0067】第1及び第2の薄膜コイル231、232の周回する平面と平行な方向で見たギャップ幅 $\alpha$ は、同方向で見た各コイルターンのコイル幅 $\beta$ よりも小さくなっていて、その寸法は、ギャップ内の無機絶縁膜251の膜厚によって画定されている。無機絶縁膜251は、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$ またはDLC等によって構成される。このような無機絶縁膜251は、スパッタマ



たはCVD等によって形成し得る。したがって、これらの薄膜形成技術の限界まで、ギャップ幅 $\alpha$ を微細化し、コイル周回密度を高めることができる。

【0068】第1の薄膜コイル231のターン数と、第2の薄膜コイル232のターン数とを同一にした場合は、第1の薄膜コイル231及び第2の薄膜コイル232の電流分担、起磁力及び発熱の均一化に資することができる。

【0069】好ましくは、ギャップ幅 $\alpha$ は、0.01～0.05 $\mu\text{m}$ の範囲に設定する。このようなギャップ幅 $\alpha$ を持つ無機絶縁膜251は、薄膜磁気ヘッドへの適用において、必要な電気絶縁を確保し得る。

【0070】好ましくは、隣接コイルターン間のギャップ幅 $\alpha$ 、及び、各コイルターンのコイル幅 $\beta$ は、 $(1/300) \leq \alpha/\beta \leq (1/5)$ を満たす。

【0071】上記条件式において、ギャップ幅 $\alpha$ を、0.01～0.05 $\mu\text{m}$ の範囲に設定した場合、各コイルターンのコイル幅 $\beta$ は0.25～3 $\mu\text{m}$ の範囲になる。各コイルターンのコイル幅 $\beta$ が、このような範囲にあれば、本発明の適用例である薄膜磁気ヘッドとしては、十分である。

【0072】更に、図示実施例では、第1及び第2の薄膜コイル231、232は、無機絶縁膜252を介して、第1の磁性層21及び第2の磁性層22と隣接する。無機絶縁膜252の材料組成、形成方法及び膜厚等は、隣接コイルターン間のギャップ幅 $\alpha$ を画定する無機絶縁膜251と同じであるので、説明は省略する。

【0073】保護層26は、書き込み素子2の全体を覆っている。保護層26は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ または $\text{SiO}_2$ 等の無機絶縁材料で構成されている。

【0074】読み取り素子3の付近には、第1のシールド層31と、絶縁層32と、絶縁層33と、第1の磁性層21として兼用される第2のシールド層21とが備えられている。第1のシールド層31は、パーマロイ等によって構成される。読み取り素子3は、第1のシールド層31及び第2のシールド層21の間に配置されている。読み取り素子3は、端面がABS13、14に臨んでいる。

【0075】読み取り素子3は、巨大磁気抵抗効果素子(GMR素子)を含む。GMR素子は、スピンバルブ膜または強磁性トンネル接合素子の何れかによって構成することができる。

【0076】3. マイクロデバイスの製造方法  
図9～図21は本発明に係るマイクロデバイスの製造方法を説明する図である。実施例では、図6～図8に示した薄膜磁気ヘッドとしてのマイクロデバイスについて、その製造方法を説明するが、図1～図5に示した薄膜インダクタも、この製造方法に準じて製造し得る。

【0077】図9～図21に示すマイクロデバイスの製

造方法は、全て、図9に示すウエハ100の上で実行される。ウエハ100の一面上には、読み取り素子製造プロセスを完了した薄膜磁気ヘッド要素Q11～Qnmが整列されているものとし、薄膜磁気ヘッド要素Q11～Qnmから抽出された一つの薄膜磁気ヘッド要素について、その製造方法を説明する。

【0078】まず、図10に示すように、読み取り素子3を埋設した絶縁層32、33の表面に第1の磁性層21を形成する。第1の磁性層21は、NiFe、CoFe、FeNまたはFeZrN等の磁性材料を用い、膜厚0.25～3 $\mu\text{m}$ の範囲となるように形成することが好ましい。また、第1の磁性層21は、フレームめっき法等によって形成することができる。

【0079】次に、図11に示すように、第1の磁性層21の上に、磁極端部層211及びバックギャップ層212を形成する。磁極端部層211及びバックギャップ層212は、NiFe、CoFe、FeNまたはFeZrN等の磁性材料を用い、膜厚0.25～3 $\mu\text{m}$ の範囲となるように、フレームめっき法等によって形成することができる。

【0080】次に、図12に示すように、無機絶縁膜252を形成する。無機絶縁膜252は、第1の磁性層21、磁極端部層211及びバックギャップ層212を覆う。無機絶縁膜252は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、AlNまたはDLC等によって構成される。無機絶縁膜252は、スパッタまたはCVD等のドライ薄膜形成法によって形成することができる。無機絶縁膜252の膜厚は、0.01～0.05 $\mu\text{m}$ の範囲とすることが好ましい。

【0081】次に、図13に示すように、無機絶縁膜252の表面に、第1の薄膜コイル231を形成する。第1の薄膜コイル231は、例えば、Cu(銅)などの導電金属材料によって構成され、フレームめっき法の適用によって形成される。したがって、第1の薄膜コイル231のコイルターン間に生じる間隔Aは、ほぼ、レジストフレームの底部幅に相当する。フレームめっき法を適用する場合は、事前に、無機絶縁膜252の表面にシールド層を形成しておく。これは、フレームめっき法における常套手段である。

【0082】第1の薄膜コイル231は、幅 $\beta$ が0.25～3 $\mu\text{m}$ の範囲となるように形成する。第1の薄膜コイル231の膜厚は、厚い方が好ましいが、フレームめっき法により形成した場合、コイル幅 $\beta$ の2倍程度が形成可能である。

【0083】次に、図14に示すように、隣接する第1の薄膜コイル231-231間に存在する無機絶縁膜252を除去する。無機絶縁膜252の除去に当たっては、第1の薄膜コイル231をマスクにし、ミリングまたはリアクティブ、イオン、エッチング(以下RIEと称する)等のドライエッチング法を実行する。

【0084】次に、図15に示すように、第1の薄膜コ

イル 231 の表面、及び、第 1 の薄膜コイル 231-231 間に現れる第 1 の磁性層 21 の表面を、ほぼ均一な膜厚で覆う無機絶縁膜 251 を形成する。無機絶縁膜 251 は、無機絶縁膜 252 と同様に、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$  または  $DLC$  等によって構成される。無機絶縁膜 252 はスパッタまたは  $CVD$  等のドライ薄膜形成法によって形成することができる。無機絶縁膜 252 の膜厚は  $0.01 \sim 0.05 \mu m$  の範囲とすることが好ましい。

【0085】次に、図 16 に示すように、第 2 の薄膜コイル 232 を形成する。第 2 の薄膜コイル 232 はフレームめっき法によって形成する。第 2 の薄膜コイル 232 は、最内周を除いて、第 1 の薄膜コイル 231 の間に存在する隣接コイルターン間隔 A を埋めるように、嵌め込み状態で成膜される。

【0086】次に、図 17 に示すように、平坦化に供される無機絶縁膜 253 を形成する。無機絶縁膜 253 は、第 1 の薄膜コイル 231、第 2 の薄膜コイル 232、磁極端部 211 及びバックギャップ 212 の全体を覆って形成する。無機絶縁膜 253 は、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  等によって構成される。無機絶縁膜 253 はスパッタまたは  $CVD$  等のドライ薄膜形成法によって形成することができる。

【0087】次に、図 18 に示すように、無機絶縁膜 253 を、CMP などにより平坦化する。無機絶縁膜 253 は、磁極端部層 211 と第 1 の薄膜コイル 231 の間に残存し、磁極端部層 211 からバックギャップ層 212 が平坦化される。

【0088】次に、図 19 に示すように、ギャップ層 24 を形成する。ギャップ層 24 は、平坦化された無機絶縁膜 253、第 1 及び第 2 の導体膜 231、232 の上面に設けられる。ギャップ層 24 は、スパッタまたは  $CVD$  等のドライ薄膜形成法によって形成することができる。ギャップ層 24 は、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $AlN$  または  $DLC$  等によって構成される。ギャップ層 24 の膜厚は、 $0.01 \sim 0.05 \mu m$  の範囲とすることが好ましい。

【0089】図示はしていないが、第 1 の薄膜コイル 231、第 2 の薄膜コイル 232、磁極端部 211 及びバックギャップ 212 の全体を覆うギャップ層 24 を形成した後、バックギャップ層 212 上と、第 1 及び第 2 の薄膜コイル 231、232 の最内周コイル端末 234A 上、234B 上、最外周コイル端末 235A 上、235B 上、のギャップ層 24 を除去する。ギャップ層 24 の除去に当たっては、レジストパターンをマスクにして、バックギャップ層 212 上のギャップ層 24 をミリングまたは  $RIE$  等のドライエッチング法を実行する。そして、溶剤剥離、アッシングなどによりレジストマスクを除去する。そして、フレームめっき法などにより、第 1 及び第 2 の薄膜コイル 231、232 の最内周コイル端

末 234A 上、234B 上にまたがるように第 1 の端子 T1 を形成し、最外周コイル端末 235A 上、235B 上にまたがるように第 2 の端子 T2 を形成し、第 1 及び第 2 の薄膜コイル 231、232 を電氣的に並列回路とする。第 1 の端子 T1、T2 は、例えば、Cu (銅) 等の導電金属材料によって構成される。また、第 1 の端子 T1、T2 は、パンプ層を介して取り出し電極 27、28 に接続される。

【0090】次に、図 20 に示すように、第 2 の磁性層 22 が形成される。第 2 の磁性層 22 は、フレームめっき法等によって形成する。第 2 の磁性層 22 は、NiFe、CoFeNi、CoFe、FeN、FeZrN 等により構成される。第 2 の磁性層 22 の膜厚は、 $0.25 \sim 3 \mu m$  の範囲とすることが好ましい。第 2 の磁性層 22 は、ギャップ層 24 によって支持され、バックギャップ層 212 で磁氣的に結合されている。これにより、第 1 の磁性層 21、第 2 の磁性層 22 及びギャップ層 24 を巡る薄膜磁気回路が完成する。第 2 の磁性層 22 は、単層構造であってもよいし、多層構造であってもよい。

【0091】次に、図 21 に示すように、保護層 26 を形成する。保護層 26 は、スパッタなどにより成膜され、CMP などにより平坦化される。保護層 26 は、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  等により構成される。

【0092】上述した工程を経ることにより、図 6～図 8 に示した構造を有する薄膜磁気ヘッド要素が、ウエハ (図 9 参照) 上に形成される。その他、電極取り出し配線、パンプ層、パンプ保護層などは別途作成する。説明は省略するが、図 1～図 5 に示した薄膜インダクタ等の他のマイクロデバイスも、同様の工程を経て製造できる。

#### 【0093】4. 薄膜磁気ヘッドを用いた磁気ヘッド装置及び磁気記録再生装置

本発明は、更に、磁気ヘッド装置及び磁気記録再生装置についても開示する。まず、図 22 は本発明に係る磁気ヘッド装置の一部を示す正面図、図 23 は図 22 に示した磁気ヘッド装置の底面図である。磁気ヘッド装置は、薄膜磁気ヘッド 4 と、ヘッド支持装置 5 とを含んでいる。薄膜磁気ヘッド 4 は、図 6～図 8 を参照して説明した本発明に係る薄膜磁気ヘッドである。

【0094】ヘッド支持装置 5 は、金属薄板でなる支持体 53 の長手方向の一端にある自由端に、同じく金属薄板でなる可撓体 51 を取付け、この可撓体 51 の下面に薄膜磁気ヘッド 4 を取付けた構造となっている。

【0095】可撓体 51 は、支持体 53 の長手方向軸線と略平行して伸びる 2 つの外側枠部 55、56 と、支持体 53 から離れた端において外側枠部 55、56 を連結する横枠 54 と、横枠 54 の略中央部から外側枠部 55、56 に略平行するように延びていて先端を自由端とした舌状片 52 とを有する。

【0096】舌状片 52 のほぼ中央部には、支持体 53



から隆起した、例えば半球状の荷重用突起 57 が設けられている。この荷重用突起 57 により、支持体 53 の自由端から舌状片 52 へ荷重力が伝えられる。

【0097】舌状片 52 の下面に薄膜磁気ヘッド 4 を接着等の手段によって取付けてある。薄膜磁気ヘッド 4 は、空気流出側端側が横枠 54 の方向になるように、舌状片 52 に取付けられている。本発明に適用可能なヘッド支持装置 5 は、上記実施例に限らない。

【0098】図 24 は本発明に係る磁気記録再生装置の平面図である。図示された磁気記録再生装置は、磁気ヘッド装置 6 と、磁気ディスク 7 とを含む。磁気ヘッド装置 6 は図 22、図 23 に図示したものである。磁気ヘッド装置 6 は、ヘッド支持装置 5 の一端がアーム 9 の一端に結合され、アーム 9 の他端がボイスコイル等を含む位置決め装置 8 によって支持され、かつ、駆動される。薄膜磁気ヘッド 4 は、ヘッド支持装置 5 の自由端側において、ヘッド支持装置 5 によって支持され、磁気ディスク 7 の磁気記録面と対向するように配置される。

【0099】磁気ディスク 7 が、図示しない駆動装置により、矢印 F1 の方向に回転駆動されると、薄膜磁気ヘッド 4 が、微小浮上量で、磁気ディスク 7 の面から浮上する。ヘッド支持装置 5 の先端部に取り付けられた薄膜磁気ヘッド 4 は、磁気ディスク 7 の径方向に駆動される。そして、ヘッド支持装置 5 を駆動する位置決め装置 8 により、薄膜磁気ヘッド 4 が、磁気ディスク 7 上の所定のトラック位置に位置決めされ、磁気記録の読み出し、書き込みが行われる。

【0100】以上、好ましい実施例を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば、種々の変形態様を採り得ることは自明である。

【0101】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、次のような効果を得ることができる。

(a) 磁路長を長くすることなく、コイルターン数を維持したまま、コイル抵抗値を下げ、発熱量を低減できるマイクロデバイス、特に、薄膜磁気ヘッド及び薄膜インダクタを提供することができる。

(b) ノイズを減少させ、更に、信号処理回路の設計を容易化するのに適したマイクロデバイス、特に、薄膜磁気ヘッド及び薄膜インダクタを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るマイクロデバイスの平面図である。

【図 2】図 1 の 2-2 線に沿った断面図である。

【図 3】本発明に係るマイクロデバイスの更に別の実施

例を示す斜視図である。

【図 4】図 3 の 4-4 線に沿った断面図である。

【図 5】本発明に係るマイクロデバイスの更に別の実施例を示す図である。

【図 6】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの斜視図である。

【図 7】図 6 に示した薄膜磁気ヘッドの断面図である。

【図 8】図 6、図 7 に示した薄膜磁気ヘッドのコイル構造を示す斜視図である。

【図 9】本発明に係る製造方法が実行されるウエハの斜視図である。

【図 10】図 9 に示したウエハ上で見た薄膜磁気ヘッド要素の 1 つを示す断面図である。

【図 11】図 10 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 12】図 11 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 13】図 12 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 14】図 13 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 15】図 14 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 16】図 15 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 17】図 16 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 18】図 17 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 19】図 18 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 20】図 19 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 21】図 20 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 22】本発明に係る磁気ヘッド装置の一部を示す正面図である。

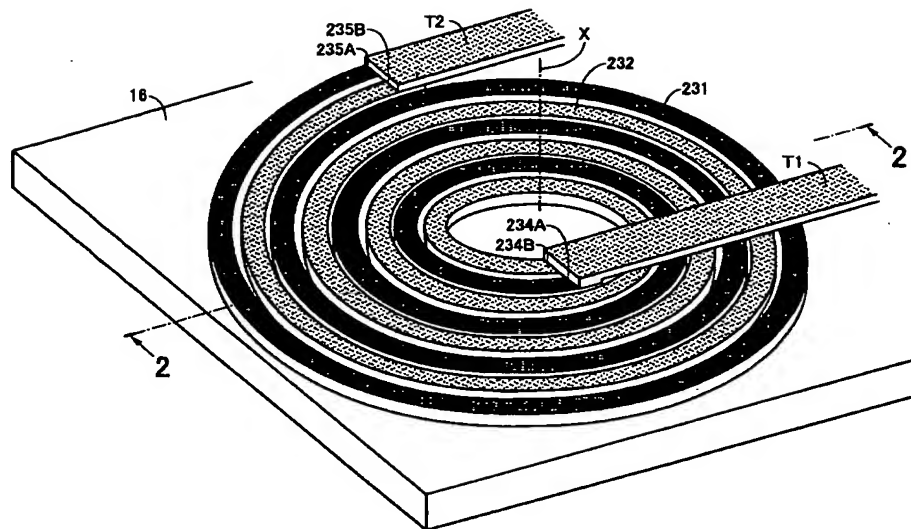
【図 23】図 22 に示した磁気ヘッド装置の底面図である。

【図 24】本発明に係る磁気記録再生装置の平面図である。

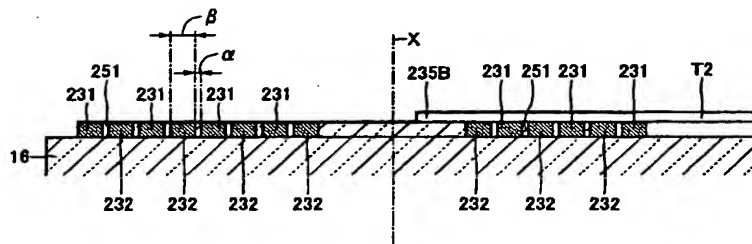
【符号の説明】

231	第 1 の薄膜コイル
232	第 2 の薄膜コイル
251	無機絶縁膜
$\alpha$	ギャップ幅
$\beta$	コイルターンのコイル幅

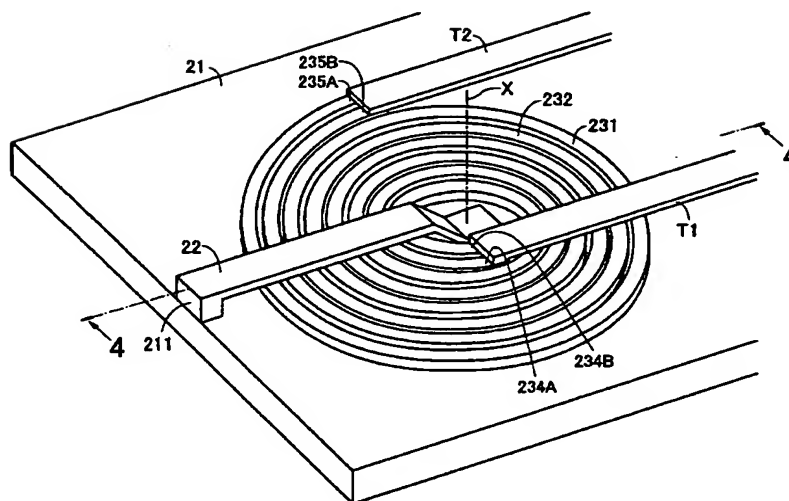
【図1】



【図2】



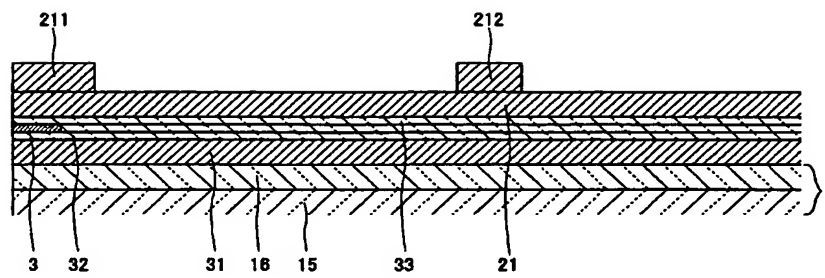
【図3】



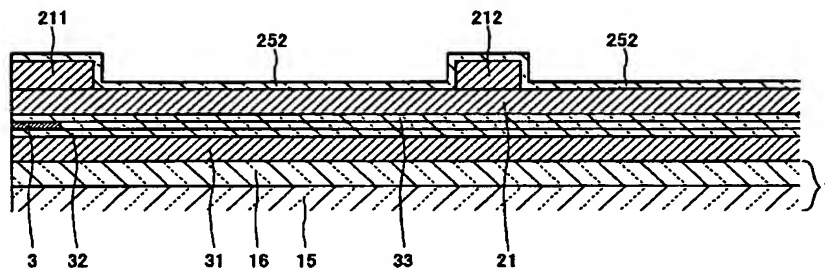




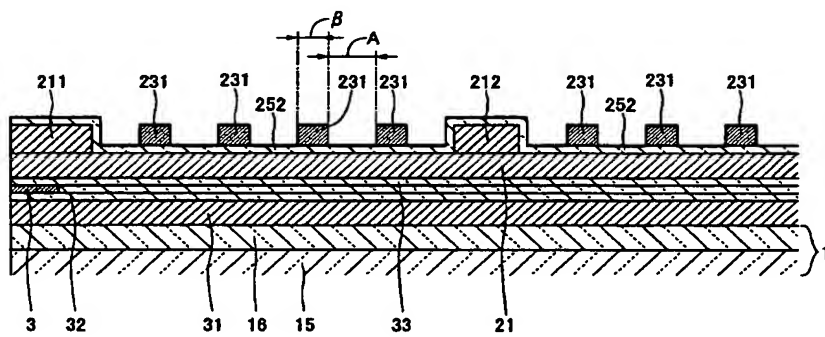
【図 1 1】



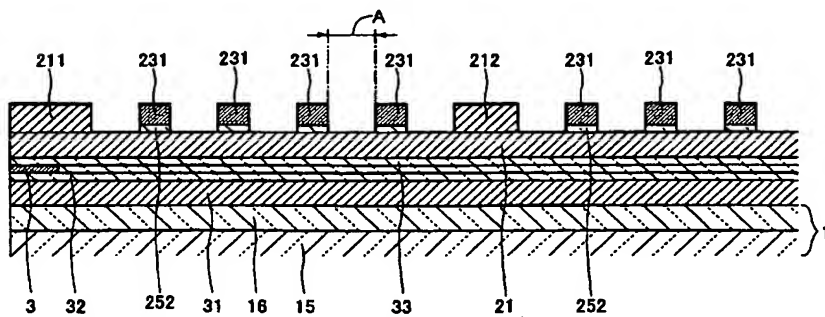
【図 1 2】



【図 1 3】



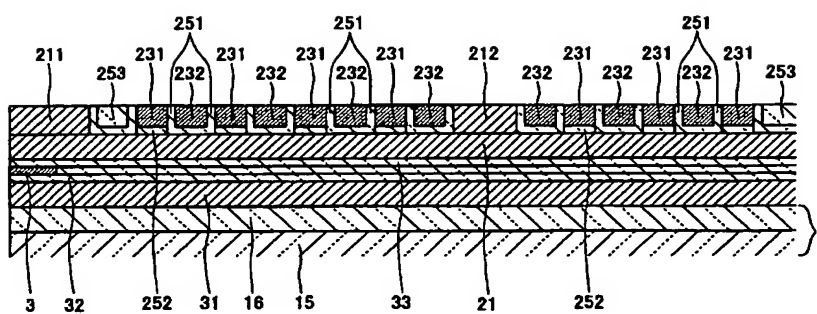
【図 1 4】



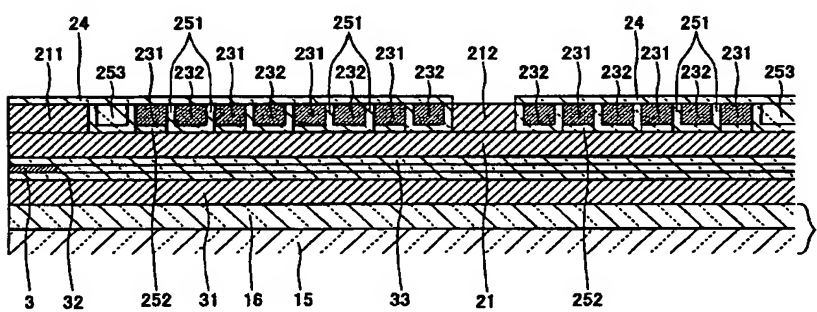
This cross-sectional view shows a semiconductor device. The top layer consists of a series of rectangular blocks (211, 212) and smaller rectangular blocks (231) separated by gaps (251). Below this top layer is a thin layer (252), followed by a thicker layer (31) with a horizontal hatching pattern. The bottom layer (15) has a diagonal hatching pattern. Labels 3, 32, 33, and 21 point to various interfaces and layers within the structure.

This cross-sectional view shows a semiconductor device with a gate stack (211) and source/drain regions (231, 232). The gate stack is formed on a substrate (21) and includes a gate dielectric (251) and a gate conductive layer (252). The source/drain regions are formed in the substrate and are covered by a gate conductive layer (252) and a gate dielectric (251). The device is further covered by a passivation layer (253) and a protective layer (212). The substrate (21) is composed of a silicon layer (3) and a silicon dioxide layer (32). The device is further covered by a passivation layer (253) and a protective layer (212). The substrate (21) is composed of a silicon layer (3) and a silicon dioxide layer (32).

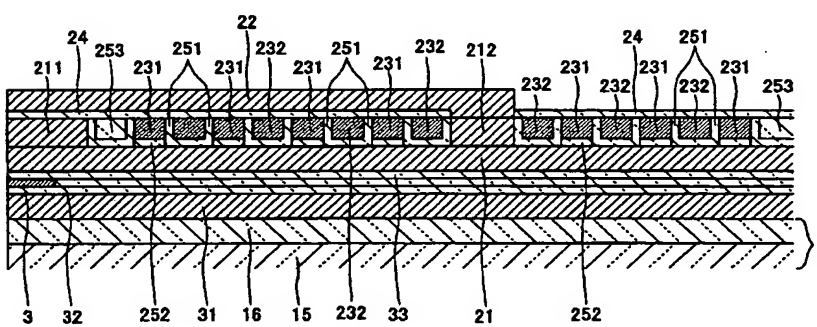
【図 18】



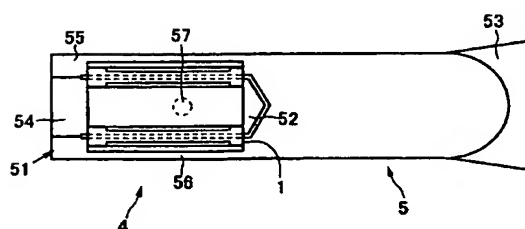
【図 19】



【図 20】



【図 23】



【図 21】

